AARONIA AG
WWW.AARONIA.DE

Benutzerhandbuch SPECTRAN NF

Bitte lesen Sie unbedingt vor der ersten Inbetriebnahme des Messgerätes nachfolgende Anleitung sorgfältig durch. Die Anleitung gibt Ihnen wichtige Hinweise, wie Sie das Gerät ordnungsgemäß bedienen.



1.3
Aaronia AG
www.aaronia.de

1. Inhaltsverzeichnis

1. Einführung

Sehr geehrter Nutzer,

mit dem Kauf dieses SPECTRAN NF haben Sie ein professionelles Messgerät erworben, welches Ihnen die Messung von niederfrequenten Feldern ermöglicht.

Dieses Produkt erfüllt die Anforderungen der geltenden europäischen und nationalen Richtlinien.

Bitte beachten Sie:

Für die Messung von hochfrequenten Feldern (GSM, UMTS, WLAN, LTE, etc.) benötigen Sie ein SPECTRAN Messgerät der HF-Serie, z. B. den SPECTRAN HF-60100 V4.

1.1. Haftung

Das Benutzerhandbuch wurde mit größter Sorgfalt erarbeitet. Fehler können jedoch nicht ausgeschlossen werden. Eine Haftung kann deshalb nicht übernommen werden. Eine Garantie auf Vollständigkeit kann ebenfalls nicht gegeben werden. Eine Haftung bezüglich der Richtigkeit und der Genauigkeit der Information kann nicht übernommen werden.

Änderungen unserer Produkte und deren Spezifikationen sowie der dazugehörigen Benutzerhandbücher können jederzeit ohne Vorankündigung erfolgen. Eine Verpflichtung zur Überarbeitung bereits gelieferter Dokumente ergibt sich daraus nicht.

1.2. Gewährleistung

Trotz größter Sorgfalt bei der Entwicklung und der Produktion des Gerätes und der kostenlos zur Verfügung gestellten MCS-Software, übernimmt die Aaronia AG keine Garantie für die Eignung für Zwecke, welche nicht schriftlich bestätigt wurden. Eine Gewährleistung auf Fehlerfreiheit der Software kann nicht übernommen werden. Weitere Garantien oder Zusicherungen bezüglich Rechtsmängelfreiheit und Brauchbarkeit für bestimmte Zwecke werden nicht gewährt. Geltendes Recht wird nicht eingeschränkt. Gewährleistungsansprüche beschränken sich jedoch auf das Recht der Nachbesserung. Eine Garantie auf Nichtverletzung von Patenten, Eigentumsrecht oder Freiheit von Einwirkungen Dritter wird nicht gewährt.



1.3. Sicherheitshinweise

Bei Schäden, die durch Nichtbeachtung dieser Bedienungsanleitung verursacht werden, erlischt der Garantieanspruch. Für Folgeschäden übernehmen wir keine Haftung.

Bei Sach- oder Personenschäden, die durch unsachgemäße Handhabung oder Nichtbeachten der Sicherheitshinweise verursacht werden, übernimmt die Aaronia AG keine Haftung. In solchen Fällen erlischt jeder Garantieanspruch.

Aus Sicherheits- und Zulassungsgründen ist das eigenmächtige Umbauen und/oder Verändern des Gerätes nicht gestattet.

Als Spannungsquelle darf nur eine ordnungsgemäße Netzsteckdose 100-240Volt, 50/60Hz des öffentlichen Versorgungsnetzes verwendet werden. Stellen Sie sicher, dass das Netzkabel nicht gequetscht oder durch scharfe Kanten beschädigt wird.

Achten Sie auf eine sachgemäße Inbetriebnahme des Gerätes. Beachten Sie hierbei diese Bedienungsanleitung.

Die Inbetriebnahme ist von entsprechend qualifiziertem Personal durchzuführen, damit der sichere Betrieb dieses Gerätes gewährleistet ist.

Bringen Sie das Gerät niemals mit Wasser in Berührung. Benutzen Sie es nicht bei Regen. Vermeiden Sie zu hohe Temperaturen. Lassen Sie das Messgerät nicht auf der Heizung, in der prallen Sonne oder im Auto liegen. Reinigen Sie das Gerät nur von außen mit einem leicht feuchten Tuch.

Aufgrund der hohen Empfindlichkeit sind die Sensorik und die Anzeige des Messgerätes schock- und stoßempfindlich. Behandeln Sie es daher sorgsam. Lassen Sie das Messgerät nicht fallen. Nutzen Sie zur Aufbewahrung und zum Transport den im Lieferumfang enthaltenen Transportkoffer.

Geräte, die an Netzspannung betrieben werden, gehören nicht in Kinderhände. Lassen Sie deshalb in Anwesenheit von Kindern besondere Vorsicht walten.

In gewerblichen Einrichtungen sind die Unfallverhütungsvorschriften des Verbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaft für elektrische Anlagen und Betriebsmittel zu beachten.

In Schulen, Ausbildungseinrichtungen, Hobby- und Selbsthilfewerkstätten ist das Betreiben von Netzgeräten durch geschultes Personal verantwortlich zu überwachen.

1.4. Lieferumfang

Zum Lieferumfang gehören:

a) SPECTRAN NF Messgerät
b) Alu Transportkoffer
c) Software MCS
d) Ladegerät/Netzteil (ohne Abbildung) mit vier Adaptern
e) Aaronia 1300mAh NiMh Akku (nicht sichtbar, da im SPECTRAN eingebaut)



Bitte prüfen Sie unmittelbar nach Lieferung den Lieferumfang auf Vollständigkeit. Reklamieren Sie fehlende Teile sofort bei Aaronia oder Ihrem zuständigen Aaronia-Fachhändler.

WARNUNG:

Unbedingt die Überlastung des Eingangs durch die Einspeisung zu hoher Spannung vermeiden!

Die maximale nutzbare Spannung beträgt ca. 200mV (0,2V). Bei Spannungen über 10V kann der hochempfindliche Eingang des Spectran zerstört werden.

2. Anschlüsse und Regler

2.1. Jog Dial / Lautstärkenregler



Jog Dial (siehe Pfeil) ersetzt die Oben/Unten Pfeiltasten (Drehen des Jog Dial)

sowie die Entertaste (kurzes Drücken des Jog Dial) .

Ermöglicht gesamte Menüführung.

2.2. USB-Anschluss



Mini USB B Anschluss (5-polig) zu Kommunikation mit Computer oder Laptop, z. B. zum Auslesen des Datenloggers, Aufspielen von Software-Updates oder Nutzung der SPECTRAN PC-Software „MCS“, welche Echtzeit-Verbindung mit Messgerät und so erweiterte Signalanalyse direkt am PC ermöglicht.

Zur Verbindung empfehlen wir das speziell abgeschirmte Aaronia USB 2.0 Kabel (USB A auf Mini USB B 5-polig), welches über eine EMV-Filterung verfügt (siehe Aaronia-Zubehör)

2.3. Analog-Eingang (SMA)



SMA-Eingang (f) mit hoher Impedanz
200nV – 200mV (typ.)
zum Anschluss externer Sensoren, z. B. Spulen, Schnüffelsonden, Spezialantennen etc.

- Rauscharm (bis zu 0,74mV/√Hz)

Zur Aktivierung Taste 6 drücken und Sensor „ANALOG“ auswählen. (In Status-Anzeige erscheint „ANALOG“).

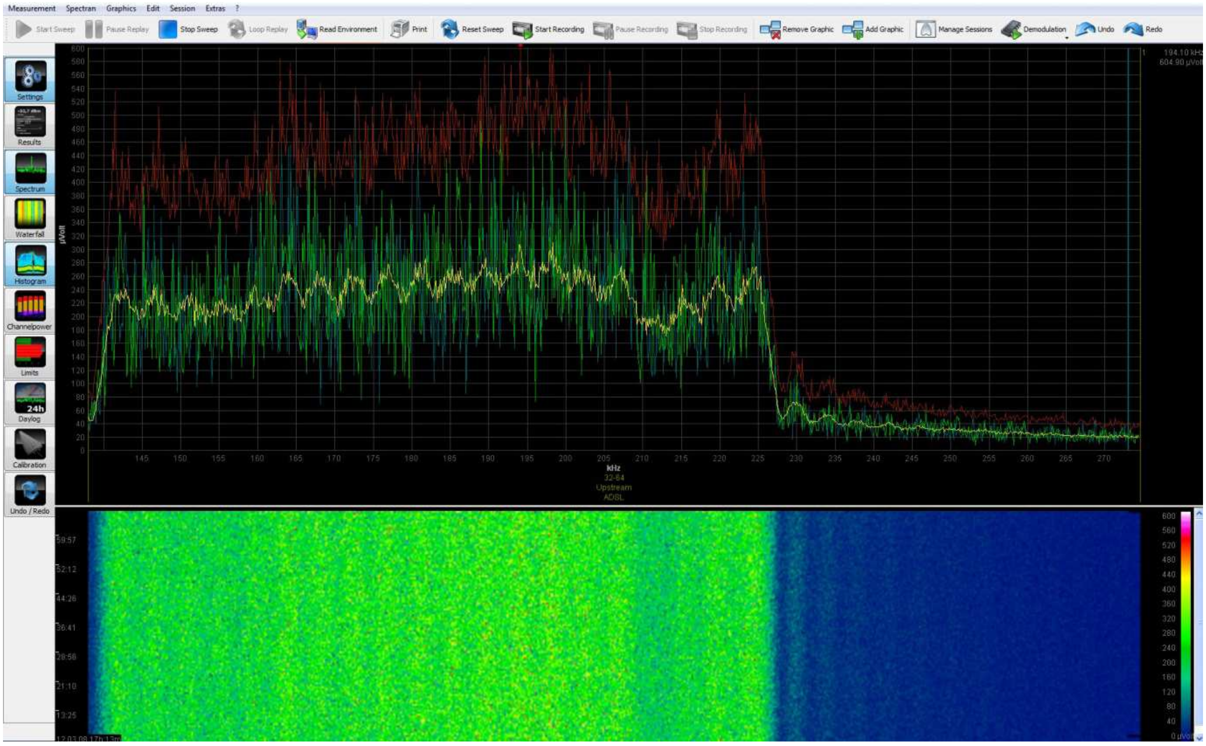
WARNUNG:

Unbedingt die Überlastung des Eingangs durch die Einspeisung zu hoher Spannung vermeiden!

Die maximale nutzbare Spannung beträgt ca. 200mV (0,2V). Bei Spannungen über 10V kann der hochempfindliche Eingang des Spectran zerstört werden.

2.3.1. Differential Probe (optionales Zubehör)

Mit Hilfe der optional erhältlichen Differential Probe können Pegel bis zu 240 V gemessen werden. Durch die galvanische Trennung der Probe ist der Eingang des Spectran auch noch gegen extreme Spannungspegel bis zu 1500 V geschützt. Insbesondere zur direkten Kontaktmessung an DSL-Leitungen geeignet.



Spectran als DSL-Tester: Der Up-Stream einer DSL1000 Leitung, gemessen mit einem Spectran NF-50xx mit DDC und aktiver Differential Probe.
(Software: kostenloser Download der Aaronia Analyse-Software MCS auf www.aaronia.de)

2.4. Audio-Anschluss



Genormte 2,5 mm Mono-„Klinkenbuchse". Geräte-Verbindung zu Geräten mit Audioeingang, z. B. Phono, CD, Line in, Mic usw.

Je nach Art des Eingangs wird ein Adapterkabel (Fachhandel) benötigt.

3. Akku-Betrieb

Das SPECTRAN NF Messgerät enthält ein NiMh-Akku-Paket, welches bereits im Gerät verbaut ist. Das Akku-Paket ist aus Sicherheitsgründen jedoch noch nicht geladen. Optional kann das Gerät über einen 3000mAh LiPo Akku betrieben werden.

3.1. Akku laden / Laufzeit



Ladegerät an Netzleitung anschließen, Klinken-Stecker des Ladegerätes mit Stromanschluss des SPECTRAN verbinden (siehe Bild).

Vollständiger Ladezyklus:
Standard-Akku-Paket ca. 24 Stunden, 3000mAh LiPo Version ca. 36 Stunden (optional erhältlich).

Die Nutzung des Gerätes ist während des Ladevorganges möglich. Vollständige Aufladung jedoch nur bei abgeschaltetem Gerät.

Die Laufzeiten betragen je nach Gerät, Optionen und Einstellungen bei vollständiger Ladung:

NF-5030 mit Option DDC	HotKey 2 / Messung bei 50Hz	1300nAh NiMh Akku	Laufzeit Bis zu 3 Stunden
		3000nAh LiPo Akku	Laufzeit Bis zu 8,5 h Stunden

3.2. Gerät mit externem Stromanschluss betreiben

Neben dem Laden des integrierten Akkus ermöglicht das Netzteil auch, das Messgerät unabhängig von dem internen Akku-Paket zu betreiben.

Auch können andere Gleichstromquellen mit 12V angeschlossen werden. Als Anschluss-Stecker muss ein 3,5mm Klinkenstecker verwendet werden. Der Anschluss-Stecker muss dabei wie folgt gepolt sein:

Innenpol „Plus“ / Außenpol „Minus“

Ein optional erhältlicher Stromadapter für den 12V-Anschluss ermöglicht es, das Messgerät auch im Pkw zu betreiben.

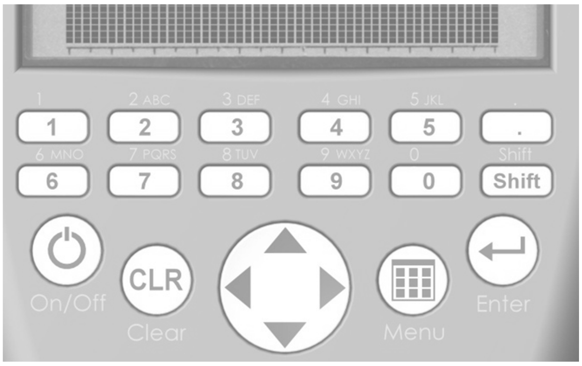
Bitte beachten Sie, dass aufgrund des Betreibens des Messgerätes am Netzteil u. U. zusätzliche Störstrahlung durch das Netzteil entstehen kann und das Messergebnis dadurch verfälscht wird. Dies kann in ungünstigen Fällen insbesondere die Messung von Magnetfeldern verfälschen. Berücksichtigen Sie bitte bei Ihren Messungen, dass das mitgelieferte Schaltnetzteil zwischen 55kHz und 65kHz arbeitet (60kHz Center plus 10kHz Spread Spektrum)

Zur Vermeidung dieser u. U. auftretenden Störstrahlung bei Langzeitmessungen empfehlen wir das Messgerät über einen externen, großen Akku zu betreiben. Dieser kann dann sogar mehrere Wochen problemlos Strom liefern. Besonders vorteilhaft ist hier eine sog. „Powertasche“ bzw. „Akkutasche“ aus dem Fachhandel. Diese besitzen reguläre 12 V-Anschlüsse und können so mit dem vorgenannten Adapterkabel betrieben werden.

Achtung: Alle Kabel/Geräte, die Sie an den externen Stromanschluss anschließen, müssen einen Gleichstrom von 12V liefern. Als Stecker ist ein normgerechter Klinkenstecker mit 3,5 mm Durchmesser zu verwenden (Innen-Polung PLUS – Außen-Polung MINUS)

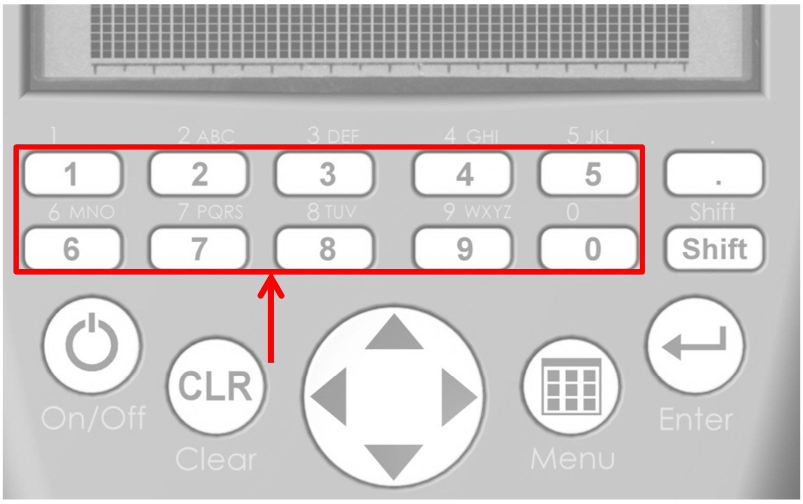
4. Übersicht Instrumenten-Front

4.1. Bedienungs-Elemente



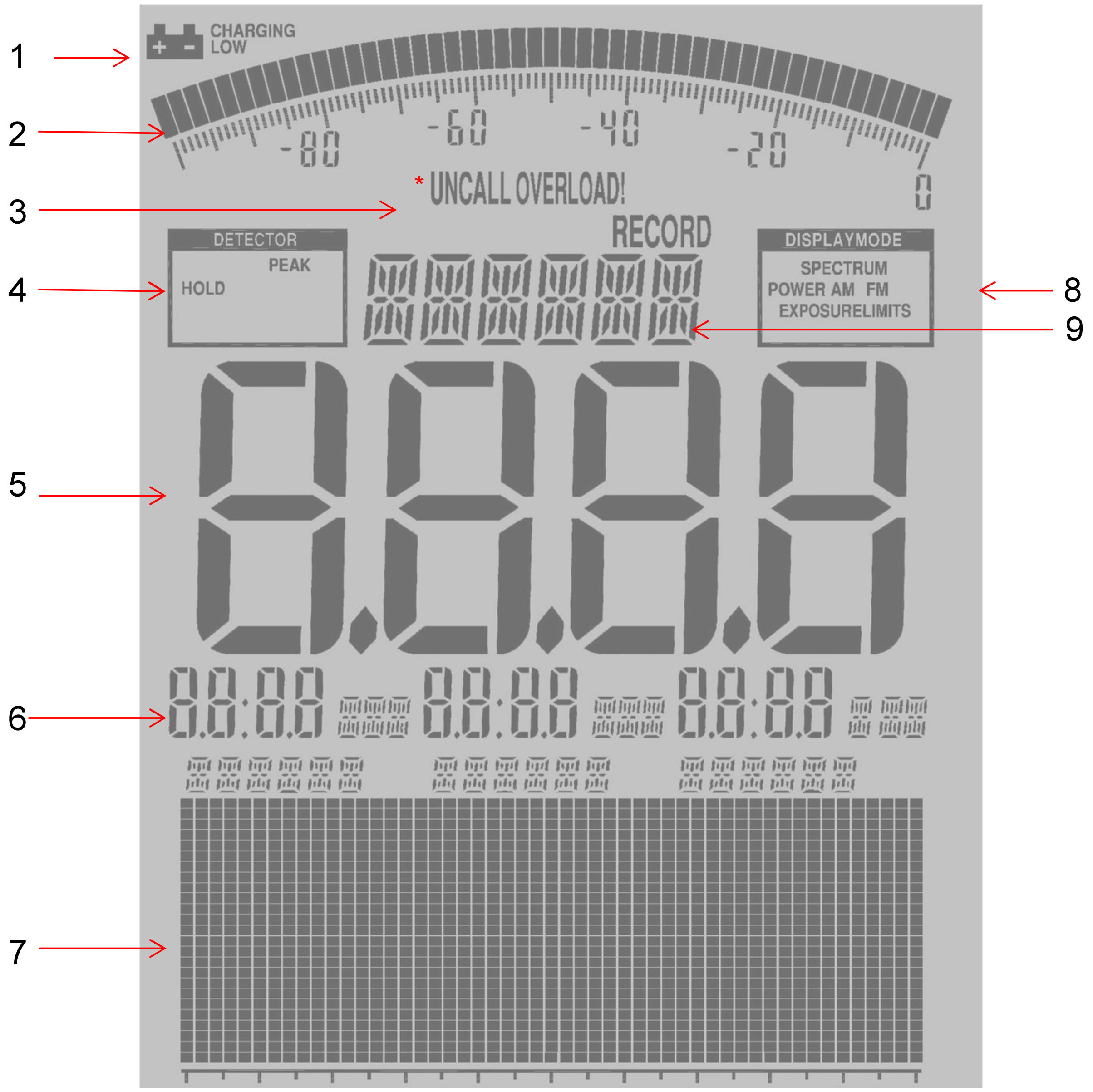
On/Off-Taste	Schaltet das Gerät ein bzw. aus
Clear-/ Reset-Taste	-Setzt Einstellungen auf Werks-Einstellung Zurück inkl. 0dB Attenuator -Löscht die Eingabe bei aktivem Haupt-Menü
Pfeil-Tasten	**Bei aktivem Haupt-Menü:** Auswahl der Menüpunkte/Einträge **Im Modus Spektrum-Analyse:** Rechts/Links-Taste: Frequenzbereich um einen SPAN verschieben Oben/Unten-Taste: Reference-Level um 10 dB verschieben **Im Modus Grenzwertberechnung:** Rechts/Links-Taste: *Grenzwerte* auswählen **Im Modus Audio:** Rechts/Links-Taste: Mittenfrequenz um einen RBW verschieben Oben/Unten-Taste: RBW (Bandbreite) erniedrigen, erhöhen.
Menü Taste	Das Hauptmenü zur Einstellung diverser Parameter aufrufen/deaktivieren
Enter-Taste	Schaltet zwischen Modus Spektrum-Analyse, Grenzwert-berechnung und Audio um. Bei aktivem Hauptmenü: Schließt Eingabe ab
Shift-Taste	**Modus Spektrum-Analyse & Grenzwert-Berechnung** Min/Max Detektor an/aus (bei „an" erscheint Peak, bei „aus" erscheint kein Hinweis im Display und Gerät arbeitet im RMS Detektor Modus)
Punkt-Taste	**Modus Spektrum-Analyse & Grenzwert-Berechnung:** HOLD an/aus **Modus Audio:** Umschalten zwischen AM/ FM

4.2. Zahlen-Block – Hotkeys



1 = Rail (Bahnstrom)	(15 – 30 Hz)
2 = Power	(Netzfrequenz 50 Hz bzw. 60 Hz) 45-65 Hz
3 = Harmon	(50 Hz/60 Hz Harmonische) 90-500 Hz
4 = TCO 1	(gekürzter TCO Frequenzbereich 1) 500 Hz – 2 kHz
5 = TCO2	(TCO Frequenzbereich 2) 2 kHz-400 kHz
6 = Sensor	Sensortyp & Achse: Mag, Msta, E-Fld, Analog
7 = DIM	Magnetfeld Messart: 1D, 2D, 3D
8 = RBW	Filter-Bandbreite
9 = SPTIME	Sweep-Geschwindigkeit in mS oder S
0 = ATTEN	Attenuator: Auto, 0dB, 10dB, 20dB, 30dB, 40dB

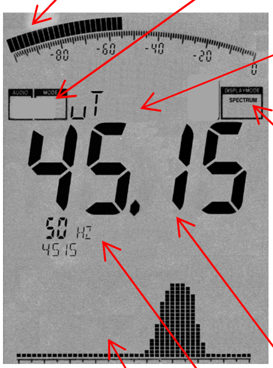
4.3. LCD-Anzeige



Je nach Messgerät sind nicht alle Anzeigen verfügbar

1 = Batterie-Anzeige
2 = Bargraph (50 Segmente / Skala)
3 = Statusfeld
4 = Detektor (Mode-Statusfeld)-Anzeige
5 = Hauptanzeige
6 = Marker-Block 1, 2, 3
7 = Grafik-Display (Pixel-Feld)
8 = Displaymode
9 = Info-Anzeige
* = UNCALL / OVERLOAD (Derzeit in Entwicklung, daher noch ohne Funktion)

4.4. Was zeigt das Display?



Bargraph (Trend-Anzeige)	(Trend-Anzeige wenn Reflev nicht im Auto-Modus) Signalabhängige Zu- oder Abnahme des „halbrunden Kreises“. Hilfreich bei schnellen Signal-Stärkenwechseln .
Mode-Statusfeld (Detektor)	Zeigt aktivierten Detektor an: Keine Anzeige = RMS aktiviert PEAK = Min/Max-Detektor aktiviert HOLD = Hold-Modus aktiviert
Info-Anzeige	Zeigt u. a. die verwendete Maßeinheit oder Menü-Informationen an.
Display-Mode Statusfeld	Zeigt Betriebs-Modus an. SPECTRUM (Spektrum-Analyse) EXPOSURE-LIMITS (Grenzwertberechnung) AM/FM (Audio-Wiedergabe)
Haupt-Anzeige	Zeigt Feldstärke bzw. Spannung in T, G, V/m, A/m oder V) an.
Marker-Block (1 – 3)	Zeigen Frequenz und Feldstärke bzw. Spannung der stärksten Signale an. Max. 3 Marker können gleichzeitig angezeigt werden.
Grafik-Display (hier Spektrum-Anzeige)	Zeigt Text- bzw. Grafik-Anzeigen (Spektrum-/Grenzwert-Anzeige oder Menütexte)

5. Funktionsbeschreibung

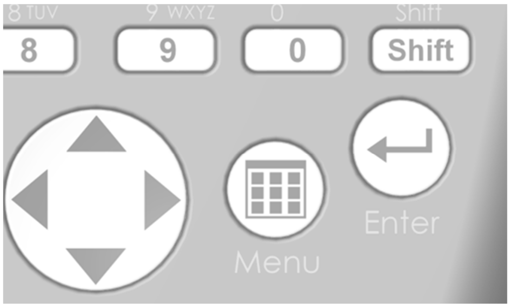
5.1. Technische Daten

	NF-1010E	NF-3020	NF-5030
Frequenzbereich	10Hz bis 10kHz	10Hz bis 400kHz	1Hz bis 1MHz (30MHz) 2)
Magnetisches Feld (Tesla)	1pT 2) bis 100µT (typ.)	1pT 2) bis 100µT (typ.)	1pT 2) bis 2mT 1) (typ.) erweiterbar mit PBS1
Magnetisches Feld (Gauss)	10nG 2) bis 1G (typ.)	10nG 2) bis 1G (typ.)	10nG 2) - 20G 1) (typ.) (nur mit Option 006) (mit Option 009, 24bit Auflösung für 3D Statik-Magnetfeld-Sensor: 10nG bis 20G) (typ.)
Elektrisches Feld	1V/m bis 2.000 V/m (typ.)	1V/m bis 5.000 V/m (typ.)	0,1V/m 2) bis 20 kV/m (typ.)
Analog-Eingang		2µV bis 200mV (typ.)	200nV 2) bis 200mV 2)(typ.)
Filterbandbreite (RBW)	1Hz bis 3kHz (1-3-10 Schritte) Incl. Option 005, 12Bit Dual DDC Frequenz-Filter	1Hz bis 100kHz (1-3-10 Schritte) Incl. Option 005, 12Bit Dual DDC Frequenz-Filter	0,3Hz bis 10MHz (1-3-10 Schritte) Incl. Option 005, 12Bit Dual DDC Frequenz-Filter
Einheiten	V/m, T, G, A/m	V, V/m, T, G, A/m	V, V/m, T, G, A/m
Detektor	RMS	RMS	RMS, Min/Max
Demodulation	AM	AM	AM, FM
Eingang	Hoch Impedanz SMA Eingang (f)	Hoch Impedanz SMA Eingang (f)	Hoch Impedanz SMA Eingang (f)
Audio	Interner Lautsprecher mit Lautstärkeregler und 2,5mm Anschlussbuchse	Interner Lautsprecher mit Lautstärkeregler und 2,5mm Anschlussbuchse	Interner Lautsprecher mit Lautstärkeregler und 2,5mm Anschlussbuchse
Genauigkeit	5% (typ.)	5% (typ.)	3% (typ.)
Schnittstelle	USB 2.0/1.1	USB 2.0/1.1	USB 2.0/1.1
Gewicht	420g	420g	420g
Gewährleistung	10 Jahre	10 Jahre	10 Jahre
Stativanschluss	1/4"	1/4"	1/4"

1) Je nach Frequenz, Einstellungen, Antenne und verwendeten Parametern können die Angaben zu Messbereich, Empfindlichkeit und zur Messgenauigkeit abweichen. Die Genauigkeitsangaben sind auf die Aaronia Referenz-Normale unter spezifischen Testbedingungen bezogen. Alle hier angegebenen Daten gelten, sofern nicht anders vermerkt unter folgenden Bedingungen:
Umgebungstemperatur 22±3 °C, relative Luftfeuchte 40% bis 60%, sinusförmiges Signal (CW), Effektivwert (RMS).

2) Die Option 006 bietet einen Messbereich von ca. 100µG-6G (10nT-600µT) und kann auch "genullt" werden (z.B. mit der optionalen Null-Gauss Kammer). Dadurch sind auch Messungen der direkten Flussdichte möglich. NF Standard: 1MHz. Nur mit Option 010 bis 30MHz. NF Standard: 1nT. Nur mit Option 005 bis hinunter zu 1pT. NF Standard: 2µV. Nur mit Option 005 bis hinunter zu 200nV. NF Standard: 200mV. Nur mit optionalen 20dB Attenuator bis auf 2V.

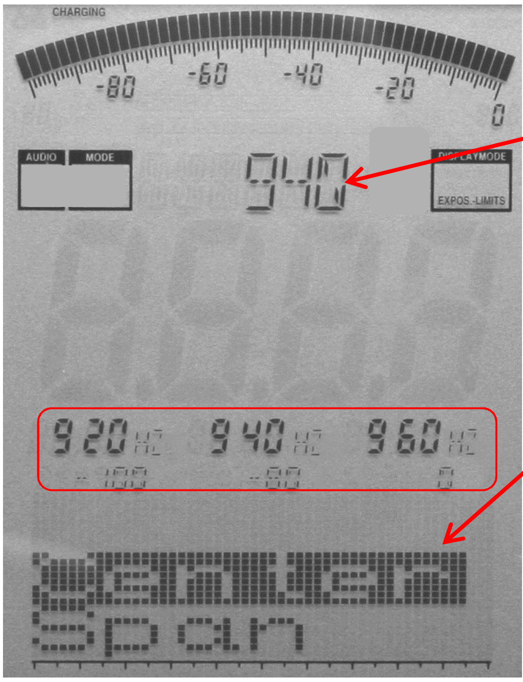
5.2. Hauptmenü



Das Drücken der Menütaste führt in das Menü. Über die Menüsteuerung kann man:

-Messgerät steuern
-diverse Einstellungen vornehmen
-Datenlogger starten
-eigene Programme abspeichern/abrufen.

Durch erneutes Drücken verlässt man das Menü.



Angewählter Menüpunkt der aktuellen Einstellung wird als „Klartext“ eingeblendet.

Beispiel: Center-Frequenz „940“.

Nach Aufruf der Menüsteuerung steht Menüführung zur Verfügung:

Aktuell angewählter Menüpunkt wird „schwarz“ hinterlegt (invertiert) dargestellt.

Beispiel: „Center“

Wechsel der Menüpunkte durch Oben/Unten Pfeil-Taste oder Jog Dial

Enter-Taste führt in den aktuellen Menüpunkt, wo Eingaben per Tastatur erforderlich sind oder per Oben/Unten Pfeil-Tasten eine Auswahl zu treffen ist.

Erneutes Drücken der Enter-Taste führt zurück zur Menüführung.

Änderungen werden erst bei Verlassen des Menüs übernommen.

Tipp: In den Markerblöcken 1 – 3 (im Bild rot umrandet) werden, von links nach rechts, ständig folgende Informationen angezeigt:

Start-, Center- und Stopp-Frequenz
Darunter (von links nach rechts) die aktuellen Werte für **Range, MrkLvl und Reflev**.

Es ermöglicht Ihnen z. B. während einer Messung durch einen kurzen Aufruf des Menüs den aktuellen Frequenzbereich etc. einzusehen. Zum Verlassen drücken Sie einfach nochmals die Menütaste und die Messung wird ohne Änderung der Parameter fortgesetzt.

.

5.3. Menüpunkte

5.3.1. Sensor (Sensor und Achsen auswählen)

Mit Sensor wird festgelegt, welcher Sensor bzw. Eingang verwendet werden soll. Dabei wird gleichzeitig festgelegt, welche Feldart gemessen werden soll (magnetische Felder, statische Magnetfelder, elektrische Felder).

Gleichzeitig können bei einer 2D-Messung im Menüpunkt „Sensor“ die Achsen-Kombinationen (XY, YZ, ZX) festgelegt werden.

Zur Auswahl stehen:

„Mag“ = Interne 3D-Luftspule (Messung von magnetischen Wechselfeldern)
XY-Mag (X-Achse bzw. X & Y-Achse bei einer 2D-Messung)
YZ-Mag (Y-Achse bzw. Y & Z-Achse bei einer 2D-Messung)
ZX-Mag (Z-Achse bzw. Z & X-Achse bei einer 2D-Messung)

„MSta“ = Interner statischer Magnetfeldsensor, nur mit Option 006 verfügbar.
Messung von statischen Magnetfeldern (Erdmagnetfeld, Magneten)

X-MSta (X-Achse bzw. X & Y-Achse bei einer 2D-Messung)
Y-MSta (Y-Achse bzw. Y & Z-Achse bei einer 2D-Messung)
Z-MSta (Z-Achse bzw. Z & Y-Achse bei einer 2D-Messung)

E-Feld = Interner 1D E-Sensor (Messung von elektrischen Wechselfeldern)

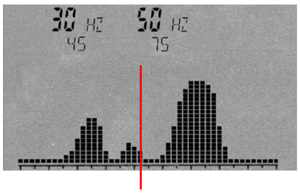
Analog = SMA-Eingang (hochempfindliche Messung eines externen Wechselfeld-Signals)

Die Taste 7 ermöglicht bei Magnetfeldmessung das Einstellen der gewünschten Dimension (1D, 2D, oder 3D).

Es gibt zwei Möglichkeiten, den Frequenzbereich manuell einzustellen:

- **über Center** (Center-Frequenz) und **Span** (Frequenz-Breite) oder
- **über fLow & fHigh** (Start-/Stopp-Frequenz)

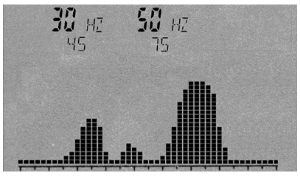
5.3.2. Center (Center-Frequenz)



Center-Frequenz

Gibt Frequenz in Bildschirmmitte an. Bei Änderung der Center-Frequenz wird Span-Parameter übernommen. Vorteil: Schnelle Überprüfung verschiedeneren Frequenz-Bereiche bei identischem Span und ohne Änderung einer (Start-/Stopp-Frequenz).

5.3.3. Span (Frequenz-Breite)



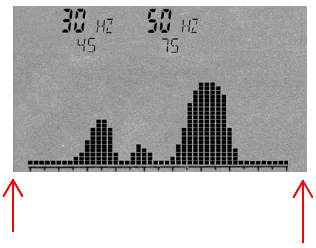
← SPAN →

Span legt Frequenz-Breite des Sweeps fest. Änderung bezieht sich auf zuvor beschriebene Center-Frequenz der Anzeige. Durch Änderung des Spans wird automatisch die „Start/Stopp-Frequenz“ angeglichen, um Span einhalten zu können. Span-Funktion ist vergleichbar mit „Lupen-Funktion“, welche jedoch nur in der X-Achse funktioniert.

Beispiel: Center-Frequenz 2 kHz eingeben:
Geben Sie Span 2 kHz ein → Sweep-Bereich = 1 – 3 kHz
Geben Sie Span 3 kHz ein → Sweep-Bereich = 0,5 – 3 kHz
Vergrößerung/Verkleinerung der Auflösung erfolgt stets „mittig“ um Center-Frequenz.

Tipp: Mit den Rechts/Links Pfeil-Tasten kann der Sweep-Bereich auch direkt nach rechts oder links um eine Span-Einheit verschoben werden. Die besten Messwerte erhält man bis maximal zum 20fachen des RBW. Bei 1kHz RBW also maximal 20kHz Span.

5.3.4. fLow & fHigh (Start- & Stopp-Frequenz)



fLow Start-Frequenz **fHigh** Stop-Frequenz

fLow (Start-Frequenz) legt fest, bei welcher Frequenz der Sweep starten soll, fHigh (Stopp-Frequenz), wo der Sweep enden soll. Daraus resultiert der gesamte Frequenzbereich, der gemessen (gesweept) wird.

Tipp: Ein großer Frequenzbereich mindert die Messgenauigkeit und erschwert die Darstellung in der X-Achse. Einzelne Signale, insbesondere dicht zusammenliegende, sind daher oft nicht mehr zu unterscheiden. Zur besseren Darstellung von großen Frequenzbereichen empfehlen wir dringend die Verwendung der mitgelieferten MCS Software.

Verkleinern Sie den Frequenzbereich, so können Sie den Bereich genauer untersuchen. Sie erhalten eine wesentlich bessere Detailtreue und eine höhere Messgenauigkeit. Einen großen Frequenzbereich empfehlen wir daher nur, um sich einen schnellen Überblick zu verschaffen, nicht jedoch für eine genaue Messung.

5.3.5. Dim (1D, 2D oder 3 D-Messung – Taste 7)

„Dim" legt bei einer Magnetfeld-Messung die Dimension fest. Zur Auswahl stehen eindimensional, zweidimensional oder dreidimensional (isotrop). Die Sweep-Zeit wird bei 2D- und 3D-Modus länger, da sich die Anzahl der benötigten Sweeps, und somit die benötigte Sweep-Zeit, verdoppelt bzw. verdreifacht.

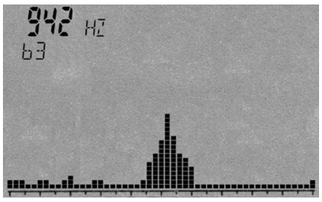
Weitere Informationen hierzu siehe „Messung in 1D, 2D oder 3D".

5.3.6. RBW (Bandbreite – Taste 9)

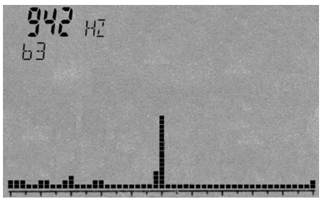
RBW (Bandbreite) stellt gleichzeitig Detailtreue und Empfindlichkeit ein.

Ist die Bandbreite hoch gewählt oder „FULL", so erfolgt der Sweep zwar schnell, doch die Anzeige ist relativ ungenau und die Empfindlichkeit relativ gering. Schwache Signale werden nicht mehr erfasst.

Je kleiner die Bandbreite, desto länger der Sweep, doch desto genauer die Anzeige und auch schwächere Signale werden dargestellt. Z. B. ein zuvor mit hoher Bandbreite gesweeptes Signal kann sich bei kleiner Bandbreite als mehrere, dicht zusammenliegende schmalbandige Signale entpuppen.



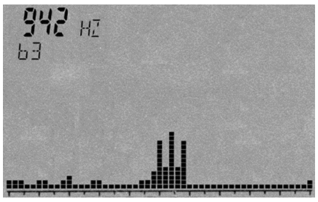
RBW (30kHz)



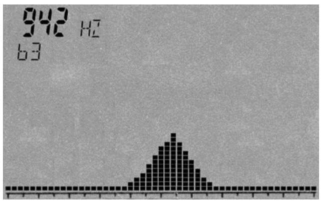
RBW (1kHz)

Um den Sweep kleiner Frequenzbereiche mit schmalen Filtern zu beschleunigen, wir bei einem SPAN von 10 – 200 Hz und einem Filter unter 10Hz automatisch ein DFT-FFT Modus aktiviert. Hierdurch werden wesentlich kürzere Sweep-Zeiten erreicht.

5.3.7. VBW (Video-Filter)



VBW = Full



VBW – 100KHz

Video-Filter dient optischer Glättung des Signals. Je niedriger eingestellt, desto breiter und „sauberer“ erscheint Signal.

Störendes Grundrauschen, Nebenwellen oder sporadisch auftretende Spurs werden unterdrückt.

Die Anzeige verliert jedoch bei niedriger Videofilter-Einstellung an Aussagekraft. In unserem Beispiel könnte das Signal auch aus drei dicht nebeneinander liegenden Signalen bestehen. Der niedrige Videofilter glättet die Signale dagegen zu „einem“ Signal. Das Nebenrauschen wurde ebenfalls „weggeglättet“. Bei schwachen Signalen sollte der Video-Filter daher möglichst hoch gewählt werden.

Tipp: Mit den Rechts/Links-Pfeil-Tasten kann der Sweep-Bereich auch direkt nach rechts oder links um eine Span-Einheit verschoben werden.

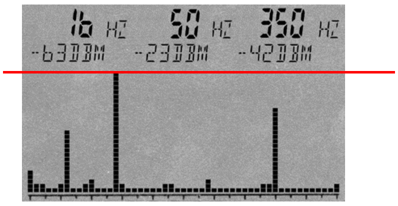
5.3.8. **SpTime** (Sample-Zeit)

Legt Messdauer fest. Messung besteht aus mehreren Samples. Je höher die Sample-Zeit, desto genauer erfolgt Messung, doch desto länger dauert diese. Die Eingabe erfolgt in mS (Millisekunden) oder S (Sekunden). Es sind Werte von 0.001 bis 999.9 möglich. Je länger die Sample-Zeit, desto genauer wird die Messung.

Beachten Sie, dass die Sample-Zeit im DFT Modus auf 5s beschränkt ist. Im Nicht-DFT Modus sind maximal 240s möglich.

5.3.9. **Reflev** (Referenz-Level)

Reference-Level stellt die Position der dargestellten Signale relativ zum oberen Bildschirmrand in dBm ein. Je kleiner die Einstellung, desto näher ist man dem Grundrauschen und desto mehr Störsignale werden sichtbar.

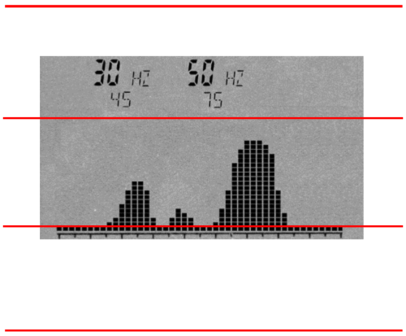


Reflev (Reference-Level) dBm

Reference-Level dient z. B. der grafischen Unterdrückung von störenden, schwachen Signalen. Je höher der Reference-Level eingestellt ist, desto mehr schwache Signale und Störungen werden ausgeblendet. Es werden nur noch „Spitzen“ der stärksten Signale angezeigt, der Rest wird „abgeschnitten“. Starkes Hauptsignal wird besser sichtbar. Zur Anzeige von schwachen Signale, Reference-Level gering einstellen. Zur Auswahl stehen: Auto, Unit, m-Unit, µ-Unit, n-Unit

Mit Einstellung Auto erfolgt nach einem Sweep eine automatische Berechnung des optimalen Reference Levels anhand des höchsten Signalpegels, der beim nächsten Sweep evtl. korrigiert wird. Praktisch wenn beispielsweise der Signalpegel unbekannt ist. Diese Automatik liefert jedoch nicht immer eine optimale Skalierung. Durch die ständig neue Skalierung kann die Anzeige springen, was bei langsamen Sweeps recht störend wirken kann. Auch wird z. B. das Grundrauschen als „volles Signal“ dargestellt, wenn kein Signal vorhanden ist.

Um eine Anzeige ohne automatische Skalierung und ohne Grundrauschen darzustellen, können mit den Einstellungen Unit, m-Unit, µ-Unit und n-Unit auch feste Einstellungen des Reference Levels vorgenommen werden.



1 T (Unit)

1mT (m-Unit) Reflev (Reference-Level)

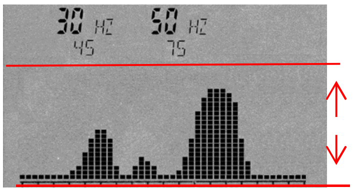
1µT (µ-Unit)

1nT (n-Unit)

> Tipp: Mit den Oben/Unten Pfeil-Tasten kann der Reference-Level jederzeit um 10 dB nach oben oder unten verschoben werden.

5.3.10. **Range** (Dynamik)

Range legt Größe des sichtbaren Ausschnittes fest. Einstellung Range 100dB (Maximum), ergibt größtmögliche Übersicht über alle Signalquellen. „Signalbalken“ werden quasi von oben nach unten „zusammengedrückt“, um alles darstellen zu können.



Range (Dynamik)

Zur Wahl stehen eine lineare und eine logarithmische Darstellung.

Die lineare Darstellung zeigt Änderungen schwacher und starker Signale in gleichen Proportionen an (keine Verzerrung).

Um Pegeländerungen sehr schwacher Signale besser darzustellen, gibt es noch die logarithmische Darstellung. Doch je stärker das Signal wird, desto stärker wird es jetzt „zusammengedrückt“. Änderungen starker Signale sind daher schlecht sichtbar. Es erfolgt eine verzerrte Darstellung zu Gunsten kleiner Pegeländerungen sehr schwacher Signale.

Linear = lineare Darstellung
log10 = logarithmische Darstellung (max. Vergrößerung)
log100 =logarithmische Darstellung (mittl. Vergrößerung)
lg1000 =logarithmische Darstellung (max. Gesamtübersicht)

Steht Range auf lg1000 (Maximum) ein, so erhalten Sie die größtmögliche Übersicht über alle Signalquellen. Mit lg100 bzw. lg10 werden dagegen mehr Details sichtbar, doch könnte auch ein Teil der Signalquellen-Anzeige oben oder unten abgeschnitten werden. Range ist daher ähnlicher einer „Lupenfunktion“, jedoch nur in der Y-Achse.

5.3.11. **Atten** (Abschwächer)

Attenuator (intern) schwächt eingespeiste Signale um entsprechenden dB-Wert ab, um Überlastung des NF-Eingangs zu vermeiden.

Einstellung „Auto“ wird empfohlen. Für erfahrene Anwender auch manuell einstellbar.

Zur Auswahl stehen:

Auto = Attenuator wird automatisch gesetzt (10dB/20dB)
0 dB = Kein Attenuator gesetzt (höchste Empfindlichkeit)
10dB = Eingang um 10dB abschwächen(nur NF-503x)
20dB = Eingang um 20 dB abschwächen (nur NF-503x)
30dB = Eingang um 30 dB abschwächen (nur NF-503x)
40dB = Eingang um 40 dB abschwächen (nur NF-503x)

mV	0dB	10dB	20dB	30dB	40dB
250mV	5	15	50	150	225
200mV	5	15	50	160	196.6
100mV	5	15	50	99.65	99.04
50mV	5	15	45	49.98	49.58
20mV	5	15	19.65	20.02	19.82
10mV	5	9.763	9.834	10.02	9.941
5mV	4.5	4.918	4.945	5.038	5.013
2mV	2.018	2.007	2.015	2.057	2.043
1mV	1.006	0.999	1.003	1.027	1.023
0,5mV	0.503	0.499	0.501	0.512	0.514
0,2mV	0.2013	0.2002	0.2018	0.204	0.195
0,1mV	0.1005	0.1	0.1008	0.0995	0.08
0,05mV	0.0503	0.05	0.0502	0.045	0
0,02mV	0.0203	0.02	0.019	0	0
0,01mV	0.01025	0.01	0.008	0	0
0,005mV	0.005	0.0044	0	0	0
0,002mV	0.002	0	0	0	0
0,001mV	0.001	0	0	0	0

WARNUNG: Aus Sicherheitsgründen muss der 0dB, 30dB und 40dB Attenuator immer per Hand geschaltet werden und wird nicht per „AUTO“-Funktion gesetzt.

5.3.12. **Demod** (Demodulator/Audio-Analyse)

Demodulator macht Pulsungen & Modulationen bis ca. 3,5kHz hörbar.

Zwei Modulationsarten sind verfügbar:

AM (**A**mplituden **M**oduliert)
FM (**F**requenz **M**oduliert)

Mit der „Punkt“-Taste wechseln Sie zwischen AM und FM.

„OFF“ oder Drücken der Menü-Taste schaltet Demodulator aus.

Demodulation erfolgt um die Center-Frequenz.

Bandbreite wird mit RBW eingestellt

Ermöglicht „Abhören“ einzelner schmaler Frequenzbereiche.

In diesem Modus ist der Filter etwas unschärfer. Starke Signale von Nachbarfrequenzen können u. U. zu hören sein.

Tipp: Da die Demodulation in quasi „Echtzeit“ erfolgt, eignet sie sich auch zur schnellen Ortung einer Signalquelle.

5.3.13. Detec (Detector Typ)

Mit Detect wird der Detektor-Typ ausgewählt. Je nach Signalart und Mess-Norm sind verschiedene Detektortypen einzusetzen.

Standard-Einstellung → RMS

RMS (Root Mean Square)
Summe aller Samples aus der Wurzel (I^2+Q^2). Im Mode-Statusfeld wird hierbei kein Symbol aktiviert. Dieser Detektor dient zur Ermittlung der echten Leistung innerhalb des Abtastzeitraums auf einer Frequenz und ist bei vielen Grenzwertberechnungen, wie z. B. der ICNIRP, zwingende Vorschrift. Das Mode-Statusfeld ist dann ohne Anzeige.

MinMax (PEAK)
Mit Hilfe des MinMax Detelktors kann z. B. festgestellt werden, ob ein Signal moduliert ist: Ist die Anzeige bei MinMax höher als die RMS-Anzeige, so ist das Signal moduliert. Ist die Anzeige fast identisch zur RMS-Anzeige, so ist das Signal unmoduliert

Tipp: Sie können den Detektor auch jederzeit über die Shift-Taste wechseln.

Achtung: Das Grundrauschen erhöht sich um ca. 10 dB im MinMax-Modus.

5.3.14. **Hold** (Anzeige-Modus)

Hold wechselt in verschiedene Anzeigemodi.

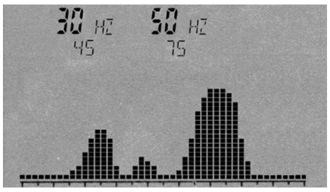
Wechsel über das Hauptmenü oder durch Drücken der „Punkt“-Taste:

Keine Anzeige
-Standardeinstellung, keine Änderung auf der Anzeige

Hold (im Mode-Statusfeld erscheint „Hold“)
-das Spektrum-Display wird nicht mehr gelöscht

Alle angezeigten Signale (Peaks) in der Spektrum-Anzeige bleiben ständig sichtbar. Anzeige wird nur noch von höheren Signalen überschrieben, ebenso bei Marker.

Funktion eignet sich zur Erstellung von Tagesdiagrammen, (z. B. 24 Std. Messung). Oder als „Event-Recorder“, um sporadisch auftretende Signale ermitteln zu können.



Ein typisches Ergebnis nach einer 20minütigen Raum-Vermessung mit aktiviertem HOLD-Modus. Deutlich erkennbar: Während der gesamten Messung sind lediglich zwei Haupt-Signalquellen / Frequenzbänder aufgezeichnet worden (30Hz und 50Hz).

Auch normgerechte Messungen nach der Schwenkmethode (s. Kap. ???) werden im Hold-Modus vorgenommen.

Der Hold-Modus wird über die Punkt-Taste an- bzw. abgeschaltet (Hold-Speicher löschen).

Tipp: Zur Grenzwertberechnung können Sie die mit der Hold-Funktion gewonnenen Daten für einen schnellen einfachen Vergleich von Grenzwerten nutzen, ohne eine neue Messung durchzuführen, da die Marker mit allen Informationen gespeichert werden. Hierzu nach der Messung in den Modus Grenzwert-Berechnung schalten und Sie erhalten das Ergebnis sofort angezeigt.

Achtung: Steht der Reference Level auf „Auto“, so kann die Spektrum-Anzeige, bei aktiviertem Hold-Modus, durch die automatische Skalierung, schnell komplett gefüllt werden. Die Spektrum-Anzeige ist dann u. U. nicht mehr brauchbar.

5.3.15. Unit (Einheit festlegen)

Unit legt die Einheit fest, in der Messwerte angezeigt werden sollen. Derzeit stehen folgende Einheiten zur Verfügung.

„Tesla“
„Gauss“
„A/m“.

Die Einheiten „Volt“ (externer SMA-Eingang) bzw. „V/m“ (E-Feld-Sensor) werden durch die Auswahl des Sensors automatisch gesetzt, daher werden Sie im Menü nicht aufgeführt.

Tipp: Im Modus „Grenzwert-Analyse“ wird der Messwert nochmals als Zahl- und Balkengrafik angezeigt. In diesem Modus können Sie daher auch gleichzeitig zwei Einheiten anzeigen lassen (z. B. gleichzeitig Gauss und Tesla).

Die Unit-Funktion eignet sich auch zum Umrechnen gemessener Werte. Hierzu den ermittelten Wert mit „Hold“ (Disp-Menü) „einfrieren“ und dann eine neue Einheit wählen. Die Umrechnung wird sofort angezeigt.

5.3.16. UScale (Skala der Einheit festlegen)

Mit UScale wird die Skala/Präfix der Einheit festgelegt.
Die Auswahl „Auto“ setzt den Präfix automatisch („p“, „n“, „µ“, „m“, „k“).

Die Anzeige lässt sich jedoch auch fest auf einen Präfix einstellen. Hierzu steht die Auswahl „p“ (Pico), „n“ (Nano), „µ“ (Micro), „m“ (Milli), „Unit“ (nur volle Einheiten ohne Präfix) bzw. „k“ (Kilo) zur Verfügung.

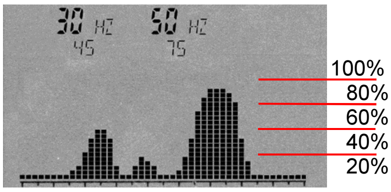
5.3.17. MrkCnt (Anzahl der Marker festlegen)

MrkCnt legt die Anzahl der Marker fest. Praktisch, wenn nur ein Signal an einer bestimmten Frequenz gemessen werden soll. Die Marker-Anzahl in diesem Fall auf „1“ setzen.

Mögliche Eingaben sind 1, 2 oder 3.

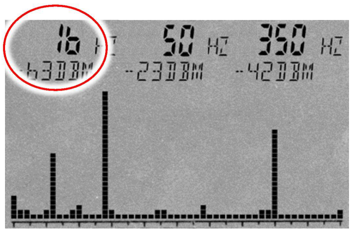
5.3.18. MarkLvl (Startlevel der Marker einstellen)

MrkLvl ermöglicht Einstellung, ab welcher Signalstärke Marker bzw. Grenzwertberechnungen angezeigt werden sollen. Es stehen Einstellungen von 20 % bis 80 % zur Verfügung, welche die prozentuell erreichte Höhe der Peaks im Grafikdisplay symbolisieren.



Bei der Einstellung 80 % werden Marker erst ab einer höheren Signalstärke angezeigt, als bei der Einstellung 20 %, wo bereits sehr schwache Signale, aber auch viele Störsignale bzw. Grundrauschen, als Marker angezeigt werden. Die Einstellung 60 % liefert meist die optimalen Ergebnisse (Grundeinstellung).

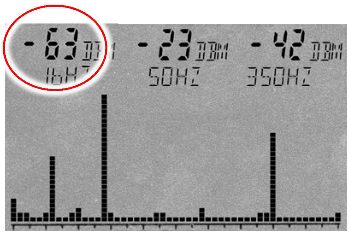
5.3.19. MrkDis (Marker-Display-Modus)



Freq. (Frequenz wird groß dargestellt)

MrkDis legt fest, wie Marker angezeigt werden. Da einzelne Anzeigefelder der Marker bzgl. Größe und Lesbarkeit Unterschiede aufweisen, sind zwei Einstellungen abrufbar.

Freq. (Frequenz) stellt die Frequenz der einzelnen Marker groß dar. Die Amplitude (Signalstärke in dBm) wird jeweils klein darunter dargestellt.



Amp. (Amplitude wird groß dargestellt)

Ampl. (Amplitude) stellt die Amplitude (Signalstärke in dBm) der einzelnen Marker groß dar. Die Frequenz wird jeweils klein darunter dargestellt. In der Regel wird der Modus Freq. genutzt, da einzelne Frequenzen der Marker meist die wichtigere Information darstellen.

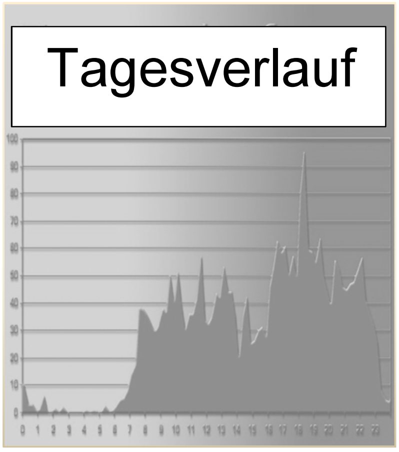
5.3.20. Bright (Helligkeit der Anzeige ändern)

Bright verändert Helligkeit der Anzeige.

Drehen des Jog Dial bis zur gewünschten Helligkeit. Bestätigen der Einstellung durch Drücken der Enter-Taste. Die Einstellung wird so dauerhaft gespeichert.

5.3.21. Logger (Aufzeichnung/Datenlogger starten)

Logger startet Langzeitaufzeichnung (Logger) im aktuellen Frequenzbereich. Hierbei wird über einen frei wählbaren Zeitraum immer wieder der höchste Marker mit Frequenz und Pegel aufgezeichnet, z. B. zur Erstellung eines Tagesdiagrammes eines WLAN o. ä.
Die PC-Auswertung über eine Tabellenkalkulations-Software könnte dann z. B. wie nebenstehend aussehen



Nach dem Start wird nach folgenden Parametern gefragt:

„**Count**" – Anzahl der Logs (möglich sind 1 – 9999)

„**Time**" – Länge der Pausen zwischen den Logs in Sekunden

„**FILEId**" – Programm-Nummer, unter der die Daten gespeichert werden sollen.

Über die PC Analyse-Software werden die Daten unter dieser Nummer wieder ausgelesen. Unterstützt werden hierbei die Programm Nummern 1000 - 1009.

Nach der Eingabe von „FILEId" erscheint im Memory-Statusfeld „Record". Der Logger ist zur Aufzeichnung bereit.

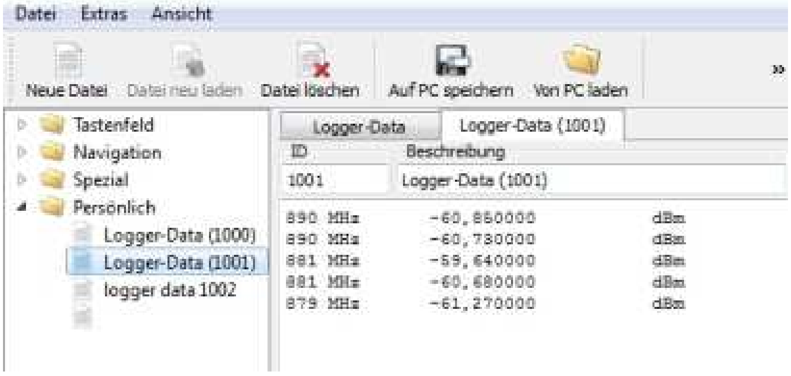
Drücken der Menü-Taste startet Aufzeichnung.

Während Aufzeichnung wird die Anzahl der noch verbleibenden Logs bei jedem Log kurz im Grafik-Display eingeblendet (Zähler).

So ist erkennbar, wie lange die Aufzeichnung noch dauern wird. Bei jeder Aufzeichnung ertönt zusätzlich ein kurzer Ton. Ist die Aufzeichnung beendet, erlischt „Record" im Memory-Statusfeld. Die Daten können jetzt mit der PC-Software „MCS" ausgelesen werden.

Starten Sie in der MCS-Software unter „SPECTRAN" den „Datei-Manager". Klicken Sie die Datei „Logger Data" im Verzeichnis „Spezial" an.

Die Logger-Daten werden sofort als fortlaufende Liste/Tabelle (erst der Pegel in dBm, dann die Frequenz in MHz) angezeigt. Über Kopierfunktion „Copy and Paste" können Daten kopiert und z. B. in einer Tabellenkalkulation grafisch aufbereitet werden.



Achtung: Bei großen Datenmengen kann das Auslesen etwas Zeit benötigen. Die dBm-Werte werden mit zwei Nachkomma-Stellen ausgelesen.

Bitte beachten Sie, dass der interne 64K Speicher schnell überfordert sein kann. Wir empfehlen daher zur Nutzung der Logger-Funktion dringend unsere 1MB Speichererweiterung (Option 001).

5.3.22. RunPrg (Programm ausführen)

SPECTRAN hat ein eigenes Datei-System, auf dem diverse Programme gespeichert sind.

Auch Sie können Programme schreiben und im Programmspeicher des SPECTRAN abspeichern.

Die Speicherung von SETUPs erfolgt ebenso als Programm (s. nächster Absatz) Jedes Programm wird hierbei unter der eigenen spezifischen Nummer abgespeichert.

Die Programm-Nummern können mit dieser Funktion wieder aufgerufen und das jeweilige Programm ausgeführt werden. Geben Sie hierzu einfach die Programm-Nummer ein. Es stehen die Nummern 300 bis 400 zur Verfügung.

Achtung: Es werden nur Daten gespeichert, wenn ein Marker auf dem Display sichtbar ist. Stellen Sie daher besonders bei sehr schwachen Signalen sicher, dass Marker-Level entsprechend niedrig eingestellt ist.

5.3.23. **Setup** (Programme verwalten)

Mit Setup können einzelne Programme bzw. Konfigurationen verwalten werden. Hierzu stehen folgende Funktionen zur Verfügung.

„**Store**“ speichert die aktuellen Einstellungen des SPECTRAN (fLow, fHigh, RBW, VBW, SpTime, Atten, RefLev, Range, Detec) als „Mini-Programm“ ab. Hierzu stehen die Programmnummern über 200 zur Verfügung. Häufig verwendete Einstellungen können so abspeichern und mit der zuvor beschriebenen Funktion RunPrg jederzeit wieder aufrufen werden. „Del“ löscht eine zuvor gespeicherte Konfiguration. Hierzu die Nummer der Konfiguration eingegeben, welche gelöscht werden soll.

„**Factor**“ setzt das Gerät in Werkseinstellung (Lieferzustand) zurück. Hilfreich zur Rückgängigmachung von Fehleinstellungen.

Achtung: Frequenzen können nur in ganzzahligen kHz gespeichert werden. In Verbindung mit der MCS Software ist diese Einschränkung nicht mehr vorhanden. Des Weiteren können noch eine Vielzahl von weiteren Einstellungen (z. B. der Sensor, Unit, Scale etc.) gespeichert werden.

Tipp: Wenn die Programmnummern 100 bis 109 genutzt werden, können die Programme bzw. Konfigurationen später über die Tasten 0 – 9 gestartet werden. Die jeweilige vorherige Tastenbelegung wird hierbei beschrieben.

6. Erste Inbetriebnahme

Entfernen Sie die Schutzfolie der LCD-Anzeige. Sollte das interne Akkupaket noch nicht geladen sein, bitte wie in Kap. 3.1. vorgehen.

Durch Betätigen der Ein/Aus-Taste schaltet sich der Spectran ein und startet eine kurze Kalibrierung. Das Gerät ist jetzt betriebsbereit.

6.1. Pistolengriff

Das Messgerät lässt sich auch als Tischgerät aufstellen. Hierzu den Pistolengriff als Ministativ aufklappen.



6.2. Erste Messung

Beispiel: Messung des Magnetfeldes des Spectran Netzteiles

Gerät zur Messung vorbereiten (s. Kap. 6.)

Das Netzteil mit einer Steckdose verbinden. (nicht mit Spectran verbinden)

Das Magnetfeld am Netzteil wird wie folgt gemessen:

Spectran einschalten

Betriebsmodus einstellen (ausführlich s. Kap. 6.12.)

Durch Drücken der Enter-Taste (evtl. mehrfach) bis im Display-Mode Statusfeld „Spektrum“ erscheint.

Taste 2 drücken

Messung erfolgt jetzt automatisch

Der Frequenzbereich von 45 – 65 Hz wird gemessen (gesweept).

Auf der großen Hauptanzeige wird die Stärke des Magnetfeldes in Tesla (T) angezeigt (Messwert). Oberhalb des Messwertes der Hauptanzeige wird die Maßeinheit angezeigt. Je nach Stärke des Magnetfeldes wechselt die Maßeinheit automatisch z. B. von µT auf mT (Autorange Funktion). Nähert man sich dem Netzteil, erhöht sich der Messwert. Entfernt man sich vom Netzteil, nimmt der Messwert ab.

6.3. Sensorauswahl



Es gibt zwei verschiedene Arten von Feldern, die an technischen Geräten bzw. Elektroinstallationen mit dem Spectran gemessen werden können. Elektrische Wechselfelder und magnetische Wechselfelder.

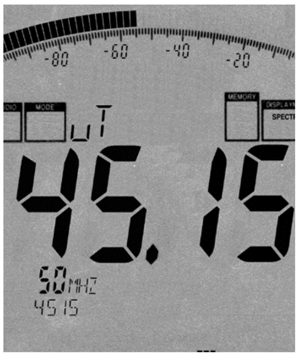
Zur Messung des jeweiligen Feldes wird ein spezieller Sensor benötigt. Über die Taste 6 können diese ausgewählt werden. (Mit der Oben-/Unten-Cursortaste und der Auswahl mit der Enter-Taste Eingabe übernehmen)

Magnetfeldsensor:

Für magnetische Wechselfelder wird der Mag Sensor benötigt. Durch Drücken der Taste 6 gelangen folgende Mag Sensor zur Auswahl:

XY-Mag, YZ-Mag und ZX-Mag

Statischer Magnetfeldsensor:



Ist im Spectran die Option 006 verbaut, können auch statische Magnetfelder, wie z. B. Erdmagnetfelder (Erdverwerfungen etc.) oder die Stärke von Magneten (z. B. in Lautsprechern) gemessen werden. Durch Drücken der Taste 6 und Auswahl des MSta Sensors, stehen dann X-MSta, Y-MSta und Z-MSta zur Verfügung.

E-Feldsensor

Zum Messen von elektrischen Feldern steht der E-Fld Sensor zur Verfügung, ebenfalls durch Drücken der Taste 6. Das Messen von elektrischen Feldern wird leicht gestört. Nähere Informationen hierzu in Kap. 8.7.

Externe Sensoren:

Über den externen Eingang (SMA-Buchse) können zudem beliebige externe Sensoren wie z. B. hochempfindliche Spulen, Schnüffelsonden oder Spezialantennen genutzt werden. Hierzu wird durch Drücken der Taste 6 die Auswahlmöglichkeit Analog eingestellt.

6.4. Grundrauschen

Das sogenannte Grundrauschen zeigt die Grenze an, unter der keine reale Messung mehr möglich ist. Hier sind nur noch Störsignale zu finden, die sich als Ansammlung von kleinen „Punkten“ oder Balken darstellen, die entweder an der Stelle verharren oder sich bei jedem Sweep verändern (rauschen). Je nach Frequenz und gewählten Einstellungen ist der Grundrauschpegel aber sehr unterschiedlich und muss **vor** der Messung ermittelt werden.



Beim SPECTRAN nimmt das Grundrauschen bei niedrigen Frequenzen zu. Das Grundrauschen bei 50Hz (Netzstrom) ist daher erheblich höher als bei 500Hz. Man spricht dann vom 0Hz-Durchbruch:

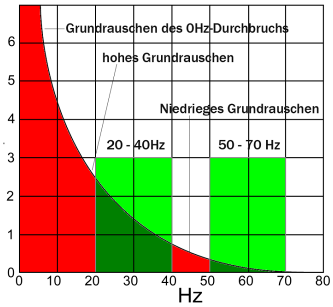
Grundrauschen (unterhalb der Linie)

6.4.1.0Hz-Durchbruch

Je näher die gemessene Frequenz an 0Hz liegt, desto stärker wird das natürliche Grundrauschen und desto schlechter wird die Messempfindlichkeit. Um dennoch eine bestmögliche Empfindlichkeit zu erreichen, wird versucht zumindest das Eigenrauschen der Verstärker, also der eigentlichen Messelektronik so gering wie möglich zu halten. Dies wird durch den Einsatz von rauscharmen Verstärkern erreicht.

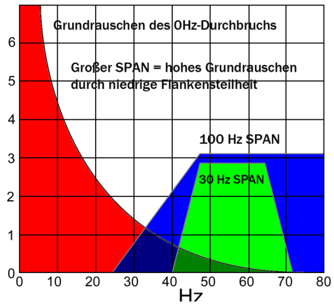
Bei der Messung nahe 0Hz ist folgendes zu beachten:

Je näher an der 0Hz-Grenze gemessen wird, desto höher ist das „eingefangene“ Rauschen und desto unempfindlicher wird die Messung.



Nebenstehende, fiktive Grafik zeigt den 0Hz-Durchbruch als steile, von 0Hz (links) kommende Kurve, die bei höherer Frequenz schnell flacher wird.

Erkennbar wird: Der fiktive Sweep von 20 – 40Hz fängt ein wesentlich höheres Grundrauschen (ca. 2,5µT) ein, als der Sweep von 50 – 70Hz (0,2µT), obwohl der SPAN beider Sweeps identisch ist.



Nahe des 0Hz-Durchbruchs empfiehlt es sich immer einen möglichst kleinen SPAN zu nutzen, um das Grundrauschen zu vermindern.

Denn auch der SPAN beeinflusst die Höhe des Grundrauschens. Dies ist durch die Flankensteilheit der Filter bedingt, die bei einem großen SPAN flacher werden und so „benachbarte“ Signale einfangen können. Fällt dies bei „hohen“ Frequenzen kaum ins Gewicht, so ist der Unterschied nahe des 0Hz-Durchbruchs enorm.

Eine Startfrequenz von 0Hz sollte vermieden werden. Da die Spektrum-Analyzer das Grundrauschen nahe der 0Hz-Grenze zu dämpfen versuchen, wird der „untere“ Frequenzbereich unempfindlich. Ein 50Hz-Signal wird daher bei einem Sweep von 0Hz – 100kHz in der Regel nicht korrekt gemessen.

Tipp: Um Messungen im Bereich des 0Hz-Durchbruchs durchzuführen (z. B. 50Hz Netzstrom oder 16,7Hz Bahnstrom), empfiehlt es sich mit möglichst kleinem Filter (1Hz, 3Hz) zu arbeiten. Dies führt jedoch zu einem langsamen Sweep. Da dies nicht praktikabel ist, verfügt der Spectran ab Version 50xx über einen schnellen Sweepmodus, den DFT-Sweep. Dieser basiert grundsätzlich auf der FFT, vermeidet aber die dabei üblichen Aliases. Der DFT-Modus wird automatisch aktiviert, wenn folgende Parameter eingehalten sind.

-Filter 0,3Hz, 1Hz oder 3Hz **und**
-Span zwischen 10Hz und 200 Hz

Der derzeitige Stand der Entwicklung führt zu drei Einschränkungen:

-als SPAN nur Vielfache von 15 (also 30, 45, 60…)
-SPAN immer kleiner wählen als Abstand von 0Hz bis zur genutzten Startfrequenz „flow“
-Sample-Time nicht höher als 5 Sekunden wählen

Die genauesten Pegel-Messwerte erhalten Sie jedoch nur im „NICHT-DFT-Modus“.

Messanwendung	Start/Stop-Frequenz	SPAN
50Hz Netz	flow 30Hz fhigh 60Hz	30 Hz
16,7Hz Bahnstrom	flow 15Hz fhigh 30 Hz	15Hz

Wenn flow 29Hz und fhigh 59Hz vorgegeben wird, wäre dies eine falsche Einstellung, da der SPAN 30Hz wäre, der Abstand zu 0Hz jedoch nur 29Hz beträgt Der Abstand muss in diesem Fall auch mindestens 30Hz betragen. Nähere Informationen hierzu auch in Kap. 5.3.3).

6.4.2. Harmonische

Unter Harmonische versteht man einen typischen Effekt, der bei Spektrum-Analysatoren auftritt. Ist ein relativ starkes Signal vorhanden, so tauchen neben dem eigentlichen Signal, in nahezu regelmäßigen Abständen, schwächere Signale auf, die sog. „Harmonischen“. Sie sind das Mehrfache der eigentlichen Signalfrequenz.

Ein 40Hz Signal wird z. B. auch bei 80Hz, 120Hz, 160Hz usw. angezeigt. Ein 18Hz Signal auch bei 36Hz und 54Hz usw. Man bezeichnet diese Signale auch als 2. Harmonische, 3. Harmonische usw.

Im Zweifel sollte man daher stets mit einer Kontrollmessung die Centerfrequenz halbieren. Findet man dann ein entsprechendes Signal vor, so hat man zuvor eine Harmonische gemessen.

Der SPECTRAN zeigt mit der aktuellen Software Harmonische, je nach Signalstärke, bereits mit einer Abschwächung von ca. 30 – 50 dB an.

6.5. Empfindlichkeit

Zu beachten ist, dass bei Spektrum-Analysatoren das Grundrauschen und somit die Empfindlichkeit, je nach Frequenz, durchaus hohen Schwankungen unterworfen sein kann. Je niedriger die Frequenz, desto höher ist der Grundrauschpegel und desto schlechter wird die Empfindlichkeit. D. h. bei gleichen Filtereinstellungen, z. B. bei „100kHz", können schwächere Felder gemessen werden als bei z. B. 50Hz. Nähere Informationen hierzu auch in Kapitel 6.5. (0Hz-Durchbruch und das Grundrauschen)

6.6. Messunsicherheit

Aaronia gibt eine typische Genauigkeit für jedes SPECTRAN Messgerät vor. Abweichungen sind jedoch nicht auszuschließen. Insbesondere wenn man sich dem Grundrauschen bzw. der maximalen Empfindlichkeit des Gerätes nähert.

In der Praxis wird dennoch von einer Messunsicherheit ausgegangen, welche höher ist, als das Grundgerät selbst aufweist.

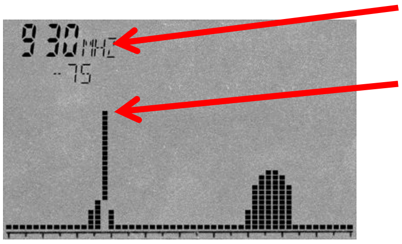
Der Grund sind weitere Faktoren, die die Messgenauigkeit in der aktiven Praxis beeinflussen können. Hierzu zählen z. B. Temperatur, Reproduzierbarkeit usw. Dies ist bei jeder Messung zu berücksichtigen.

6.7. Cursor- und Zoom-Funktion



Mit Hilfe des Jog-Dials kann im Betriebsmodus Spektrum-Analyse ein Cursor aktiviert werden. Dieser ermöglicht die genaue Frequenz- und Signalstärke eines bestimmten Punktes auf dem Display anzuzeigen.

Um den Cursor zu aktivieren, wird am Jog-Dial gedreht und im Spektrum wird der Cursor als Strich dargestellt. Die Deaktivierung erfolgt durch zweimaliges Drücken der Menü-Taste. Die unter dem Cursor liegende Grafik der Spektrum-Anzeige wird invertiert dargestellt. Dadurch bleibt deren Information erhalten.



Frequenz und **Pegel** an der aktuellen Cursorposition

Cursor (Die darunter liegende Spektrum-Grafik wird invertiert dargestellt.)

Durch Drehen des Jog-Dial kann der Cursur beliebig auf dem Display positioniert werden. Die Anzeige auf dem großen Hauptdisplay sowie die Grenzwertanzeige und die Demodulation beziehen sich jetzt nur noch auf die aktuelle Cursorposition. Die aktuelle Frequenz und Pegelanzeige des Cursors wird erst nach einem Sweep-Durchlauf aktualisiert und im ersten (linken) Marker-Feld angezeigt. Die Auto-Marker-Funktion ist daher deaktiviert.

Wurde der Cursor positioniert und der Jog-Dial gedrückt, so kann man in ein Signal hineinzoomen. Hierbei wird die Center-Frequenz auf die angezeigte Cursor-Position bzw. Cursor-Frequenz eingestellt, der Span halbiert und ein neuer Sweep durchgeführt. Somit zoomt man um 50 % in das Signal hinein. Diese Funktion kann beliebig wiederholt werden, bis die gewünschte Auflösung erreicht ist.

Den Cursor wird durch zweimaliges Drücken der Menütaste wieder deaktiviert.

Achtung: Der Cursor wird im HOLD-Modus nicht gelöscht.

6.8. DFT-Modus (schnelle Messung aufgrund kleiner Filter)

Alle Spectran der Serie 50xx bieten einen DFT-Modus (discrete Fourier Transformation).

Dieser Modus wird automatisch aktiviert, wenn folgende Parameter vorliegen:

a) der RBW von 0,3 Hz, 1Hz oder 3 Hz ausgewählt wurde

und

b) der SPAN zwischen 10Hz und 200 Hz gewählt wurde.

Der DFT-Modus ermöglicht einen wesentlich schnelleren Sweep bei schmalen Filtern im Vergleich zum regulären Sweep und ist insbesondere zur Messung von Netzstrom (50Hz) bzw. Bahnstrom (16,7Hz) geeignet. Im Gegensatz zur FFT ermöglicht die DFT jedoch eine Darstellung ohne die bei der FFT üblichen Alias.

Achtung: Um eine schnelle Signalsuche zu ermöglichen, kann die Sweepzeit im DFT-Modus auch zu niedrig eingestellt werden. Dies ermöglicht zwar einen schnellen Sweep, kann aber auch zu falschen Messwerten führen. Um dies zu vermeiden, wird bei zu kurz gewählter Sweepzeit automatisch die UNCAL-Anzeige aktiviert. Messwerte sind nicht verlässlich, eine Signalquelle kann jedoch schnell lokalisiert bzw. festgestellt werden.

6.9. Attenuator

Der Spectran beinhaltet einen internen, hochpräzisen Attenuator (Abschwächer). Dieser dient dazu, anliegende Signale abzuschwächen, um den internen Verstärker nicht zu übersteuern, da dies zu Messfehlern oder u. U. sogar zur Zerstörung des Verstärkers führen kann.

Zur Wahl des richtigen Attenuator sollte zunächst immer erst der höchste Attenuator (40dB) ausgewählt werden. Jetzt zum 30dB-Attenuator wechseln. Ist der Messwert nun erheblich niedriger, so ist der Verstärker übersteuert und ein Wechsel auf den 40dB-Attenuator sollte vorgenommen werden.

Ist das Ergebnis jedoch fast identisch, so ist die Wahl des Attenuator richtig. Ein weiteres Indiez für einen falsch gesetzten Attenuator ist ein stark schwankender Messwert und eine unsaubere grafische Anzeige.

Empfohlene Attenuator-Einstellung bei Einspeisung von externen Signalen über die SMA-Buchse (100kHz Signal):

-ab 1mV 10dB, ab 5mV 20dB, ab 10mV 30dB und ab 50mV 40dB.

Empfohlene Attenuator-Einstellung bei Messung von Magnetfeldern über den internen Sensor
-ab 200nT 10dB, ab 700nT 20dB, ab 2µT 30dB und ab 7µT 40dB.

6.10. Autorange Funktion

Der Spectran misst Magnetfelder in Tesla oder Gauss und elektrische Felder in V/m. Da sich diese Felder aber schnell um mehrere Faktoren ändern können und der Spectran auch noch einen hohen Messbereich abdeckt, wäre die Darstellung aller möglichen Messwerte eigentlich nur mit der Anzeige von sehr vielen Stellen möglich. Um dennoch eine aussagekräftige Anzeige bei 4 Stellen zu ermöglichen, bietet der Spectran eine „Autorange-Funktion“: Vor die eigentliche Maßeinheit wird einfach die international genormte Abkürzung (Präfix) gesetzt, um die Nachkommastellen auszudrücken:

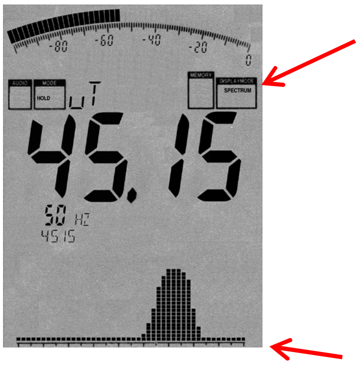
k = 1000 (Kilo = Tausendfach)
m = 1/1000 (Tausendstel)
µ = 1/1.000.000 (Millionstel)
n = 1 /1.000.000.000 (Milliardstel)
p = 1/1.000.000.000.000 (Billionstel)

Zum Beispiel 0,000.000.797 Tesla. Diese unübersichtliche Zahl wird mit Hilfe der Abkürzungen vereinfacht. Möglich wäre z. B. die Darstellung als 0,797µt (0,7 Millionstel Tesla) oder auch 797nT (797 Milliardstel Tesla). Wie an diesem Beispiel unschwer zu erkennen ist, würde ohne die Autorange Funktion die Anzeige in einer unüberschaubaren Menge an „Nullen“ versinken. Durch den Einsatz der Abkürzung „µ“ bzw. „n“ ist die Darstellung mit 4 Stellen ebenso genau und problemlos möglich. Dies funktioniert auch bei sehr großen Werten, z. B. 20.000 V/m. Dies wird einfach als 20kV/m (20 kiloVolt/Meter) dargestellt. Spectran ändert die Abkürzung in der Regel automatisch. Es ist keine Einstellung vorzunehmen. Sie können aber im Menü „UScale“ die Anzeige auf ein spezielles Präfix festlegen und damit die Autorange Funktion unterbinden.

6.11. Spurious

Aufgrund der Empfindlichkeit des Spectran sind die internen Sonden in der Lage, die sehr schwachen Signale der eigenen Bausteine zu messen. Typisch sind hierbei Mehrfache von 1,6MHz (3,2MHz, 4,8MHz etc.) des internen Schaltnetzteils und Mehrfache von 128kHz (256kHz, 378kHz etc.) des LCD-Takts. Mit der internen E-Feld Sonde können auch Mehrfache von 65Hz erfasst werden (LCD Wiederholfrequenz). Diese sehr schwachen Signale sollten eine Messung nicht stören. Bei Verwendung der MCS Software werden diese bereits ausgefiltert.

6.12. Betriebsmodus Spektrum-Analyse



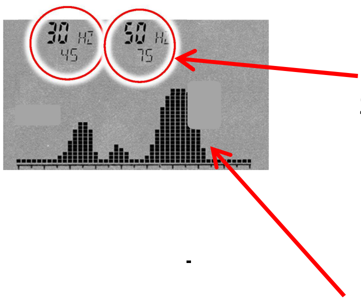
Enter-Taste drücken, bis im Display-Mode Statusfeld „Spectrum“ erscheint. Bei vorhandenem Signal und korrekt ausgerichteter Antenne erscheint ein Messergebnis, ähnlich dem Bild.

Wird auf der Hauptanzeige hingegen „0000“ angezeigt, so wird kein Signal empfangen. In diesem Fall muss das Messgerät dann evtl. näher an die Quelle gehalten werden.

Grundrauschen

Während jeder Messung läuft ein kleiner Punkt im oberen Teil des Grafik-Displays von links nach rechts. Erst wenn der Punkt den rechten Rand erreicht hat, ist die jeweilige Messung abgeschlossen und alle Anzeigen werden aktualisiert. (Je nach Einstellung kann die Messung jedoch so schnell sein, dass der Punkt für das Auge nicht mehr wahrnehmbar ist.)

Auf der Hauptanzeige wird die aktuelle Stärke des Feldes angezeigt, in unserem Beispiel 45,15 µT.

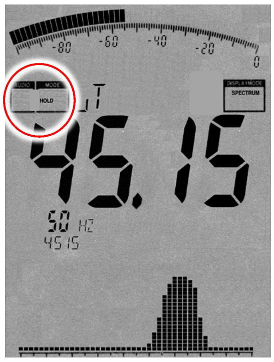


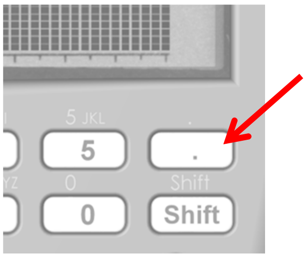
Direkt darunter werden bis zu 3 sog. „Marker“ angezeigt, Diese zeigen die Frequenz und den jeweils dazugehörigen Pegel der höchsten Signalquellen an. In unserem Beispiel haben wir zwei Marker: Marker 1 bei 30Hz mit 45µT und Marker 2 bei 50 Hz mit 75µT.

Im Grafik-Display wird der Pegelverlauf über den eingestellten Frequenzbereich gezeigt. Dies ist die „Spektrum-Anzeige“. Je höher die „Hügel“ sind, je stärker ist die Feldstärke an dieser Stelle. Die zuvor erwähnten Marker zeigen die Frequenz und die Feldstärke an den Spitzen der „Hügel“ an.

Die jeweils angezeigte Frequenz ermöglicht anhand von Frequenztabellen auch Rückschlüsse auf den Verursacher. Mehr dazu in Kap.11.

6.13. Hold-Funktion





Im MODE-Statusfeld erscheint „Hold“

Da die Signalstärke häufig wechselt, wechselt auch die Anzeige ständig. Bereits wenige cm Positionsänderung können zu veränderten Messergebnissen führen. Zur Ermittlung des höchsten Messwertes ist diese sich schnell ändernde Anzeige daher kaum geeignet.

Durch Drücken der Punkt-Taste erscheint im Mode Statusfeld „HOLD“. Jetzt wird nur noch der höchste Wert angezeigt. Auch die Spektrum-Anzeige wird nicht mehr gelöscht. Die gesamte Anzeige scheint regelrecht „einzufrieren“.

Bei nochmaligem Drücken der Punkt-Taste erlischt die HOLD Anzeige im Mode Statusfeld und der Hold-Modus wird abgeschaltet. Um jetzt das absolute Maximum zu ermitteln, bedient man sich der sog. Schwenkmethode (siehe Kap.6.14).

6.14. Schwenkmethode

Bei einer Grenzwertbetrachtung ist in der Regel nur das Signal-Maximum von Bedeutung. Dieser Grenzwert lässt sich durch die Schwenkmethode ermitteln. Die Schwenk-Methode ist auch in vielen Ländern bereits als gesetzlich anerkannte Messmethode etabliert.

Vorgehensweise:

-Wählen des gewünschten Frequenzbereiches.
Im Beispiel (Netzfrequenz 50 Hz bzw. 60 Hz) 45-65 Hz – Taste 2

-Aktivieren des Hold-Modus (Punkt-Taste).

-Aktivieren der 3D-Messung mit Taste 8. Somit muss das Messgerät nicht an jedem Punkt ständig gekippt werden.

-Signal-Maximum wird angezeigt.

Zur Ermittlung des Signal-Maximums in einem Raum muss der gesamte Raum abgegangen werden. Messungen an Wänden und an Gerätschaften mit Kabelleitungen weisen hier in der Regel die höchsten Werde auf.

Im Verlauf der Messung steigt der Messwert an, bis dieser sich nicht mehr verändert und auf dem höchsten Wert „einfriert“. Bei einer Raumvermessung kann dies einige Minuten dauern. Der jetzt angezeigte Wert ist der höchste Wert, der im Raum ermittelt werden konnte.

Feldstärken nehmen mit der Entfernung ab, je nach Quelle mit r, r^2 oder sogar r^3, so dass sich die Störquellen einfach bestimmen lassen (→Peilfunktion, je höher der Wert, desto näher die Störquelle). Hierzu den HOLD-Modus ausschalten.

6.15. Betriebsmodus Grenzwert-Berechnung



Im Display-Mode Statusfeld erscheint „Expos.-Limits“

Drücken der Enter-Taste bis im Display-Mode Statusfeld „Expos.-Limits“ erscheint.

Zunächst werden, genau wie im Betriebsmodus Spektrum-Analyse, die stärksten Felder mit Frequenz und Feldstärke als Marker angezeigt. Auf der großen Hauptanzeige erscheint, wie gewohnt, die Feldstärke des stärksten Feldes.

Im darunterliegenden Grafik-Display wird jetzt das stärkste Signal als Prozentanzeige in Bezug auf einen Grenzwert angezeigt. Da, je nach Berufsgruppe und Interessengemeinschaft, unterschiedliche Grenzwerte und Empfehlungen für niederfrequente Felder existieren, bietet der Spectran mehrere Grenzwerte zur Auswahl. Mit Hilfe der Rechts/Links Pfeil-Taste kann zwischen den Grenzwerten gewechselt werden.

(Mehr zu Grenzwerten in Kap. 9.2)

Folgende Grenzwerte stehen zur Verfügung:

xTesla – Zeigt den Messwert, zusätzlich zur Hauptanzeige, in Tesla an
ICNIRP = ICNIRP-Empfehlung bzw. Deutscher Grenzwert (Bevölkerung)
BGRB11 = BGFE-Grenzwert für berufliche Exposition (Expositionsbereich 2)
BImSch = 26. BimSchV (nur gültig bei 16,66Hz, 50Hz und >10MHz)
TCO99 = Int. Grenzwert für Bildschirme (nur gültig von 5Hz – 400kHz)

Im Beispiel zeigt die Grenzwert-Balkenanzeige, dass man sich dem deutschen ICNIRP-Grenzwert für die Bevölkerung zu 69 % angenähert hat.

Bei Überschreitung eines Grenzwertes würde die Anzeige Prozentangaben über 100 % anzeigen (z. B. 128,00 = Überschreitung des Grenzwertes um 28 %. Bei einer Überschreitung um mehr als 999,99 % erscheint die Anzeige „***.**“. Dies ist die Error-Anzeige.

Tipp: Über www.aaronia.de stehen neue bzw. aktualisierte Grenzwerte (z. B. bei Gesetzesänderung o. ä.) zum Download bereit. Über die kostenlose MCS-Software sind weitere Funktionen verfügbar.

6.16. Betriebsmodus Audio-Wiedergabe (Demodulator)

Alle Spectran Messgeräte bieten einen sogenannten Demodulator. Der Demodulator macht Pulsungen & Modulationen einer Signalquelle hörbar. Die frequenzgenaue, gezielte akustische Wiedergabe eines Signals kann bei seiner Identifikation und Ortung hilfreich sein. Da die Demodulation in Echtzeit erfolgt, eignet sie sich auch hervorragend, um eine Signalquelle schnell zu orten.

Der Spectran unterscheidet zwei Demodulationsarten:

AM (Amplitudenmoduliert „AM“)
FM (Frequenzmoduliert „FM“)

Zwischen den Demodulationsarten kann mit Hilfe der Punkt-Taste gewechselt werden (im Display-Mode Statusfeld erscheint „AM“ oder „FM“).

Die Lautstärke wird mit dem links befindlichen Lautstärkeregler geändert.

Achtung: Bei der Audio-Analyse wird die gesamte Anzeige „eingefroren“ und das Pixelfeld komplett abgeschaltet, um genug Rechenzeit für die Demodulation zu erhalten. Es erfolgt also NUR noch eine akustische Wiedergabe des Signals.

Im Gegensatz zu einfachen Breitband-Detektoren erfolgt die Demodulation beim Spectran nur bei einer bestimmten Frequenz (Center-Frequenz). Sie können daher selektiv einzelne schmale Frequenzbereiche „abhören“. In diesem Modus ist die Filtermöglichkeit etwas schwächer ausgeprägt. Daher können starke Signale von Nachbarfrequenzen auf die gerade eingestellte Frequenz „durchschlagen“ und auch hier hörbar sein.

Für die optimale akustische Wiedergabe des Signals können Sie mit Hilfe der Oben/Unten Pfeil-Tasten verschiedene Filterbandbreiten auswählen. Der gewählte Filter wird in der großen INFO-Anzeige angezeigt.

Oft kommt es vor, dass die richtige Center-Frequenz des Signals noch nicht ganz „getroffen“ ist und eine Demodulation schlecht bis gar nicht erfolgt. Mit den Rechts/Links Pfeil-Tasten können Sie daher die Center-Frequenz feinjustieren. Die dabei mögliche Schrittweite resultiert aus dem zuvor gewählten Filter. Haben Sie z. B. einen 1kHz-Filter ausgewählt, so erfolgen die Sprünge in Schritten von 1kHz usw. Bei einer Veränderung der Center-Frequenz wird diese auf der großen Info-Anzeige eingeblendet.

Achtung: Um Signale optimal wiedergeben zu können, sollte der Signal-Pegel deutlich höher als das Grundrauschen liegen.

Tipp: Optional können Sie mit Hilfe eines NF-Spektrum-Analysators die Demodulation auch optisch sichtbar machen. Hierzu bietet sich der SPECTRAN aus der NF-Serie an, welcher ab der Version SPECTRAN NF-3020 den entsprechenden Eingang bietet.

7. Manuelle Einstellung

7.1. Frequenzbereich

Eine exakte Einstellung des Frequenzbereiches auf eine spezielle Anwendung verringert die Sweep-Zeit enorm und erhöht die Messgenauigkeit.

Für den Frequenzbereich muss lediglich die Start- und Stop-Frequenz der Anwendung eingegeben werden.

Nachfolgend ist anhand eines TV-Gerätes oder Monitors, die typische Vorgehensweise für eine manuelle Einstellung erklärt.

Hierzu folgende Vorgehensweise:

Frequenz-Liste in Kap. 11 ergibt Start und Stop-Frequenz. Fernseher bzw. Monitore arbeiten im Frequenzbereich von ca. 31 kHz bis 56 kHz.

Wählt man 20 kHz als Start-Frequenz und 70 kHz als Stop-Frequenz ergibt sich folgende Eingabe:

Start-Frequenz

Menü-Taste drücken



Pfeil-Taste drücken bis zu Menüpunkt „fLow“.



Enter-Taste drücken



Wählen mit Pfeiltaste, ob Eingabe in Hz, kHz oder in MHz erfolgen soll. Bitte „kHz“ auswählen



Enter-Taste drücken



„0“ erscheint auf großem Haupt-Display. Zusätzlich erscheint in großem Status-Feld „START“. Mit Hilfe der Zahlen-Tasten die Start-Frequenz in vollen kHz eingeben. Hier „2“ und „0“ eingeben. Bei Tipp-Fehler durch Drücken der CLR-Taste

Zahlen 2 0

löschen und Zahl erneut eingeben). Bestätigung der Eingabe durch Drücken der Enter-Taste.



Wieder im Hauptmenü, wurde der nächste Menüpunkt fHigh bereits automatisch angewählt.

Stop-Frequenz



Enter-Taste drücken



Wählen mit Pfeiltaste, ob Eingabe in Hz, kHz, MHz erfolgen soll. Bitte wiederum „kHz“ auswählen.



Enter-Taste drücken.

Zahlen 7 0

„0“ erscheint auf Haupt-Display. Zusätzlich erscheint im großen Status-Feld „STOP“. Mit Hilfe der Zahlen-Tasten, die STOP-Frequenz in kHz eingeben. Im Beispiel wird bis 70 kHz gemessen. Zahlen „7“ und „0“ eingeben.



Bestätigung durch Drücken der Enter-Taste.



Wieder im Hauptmenü, wählen Sie den übernächsten Menü-Punkt RBW aus.



Enter-Taste drücken.



Es wird nun eine Liste verschiedener Filter-Bandbreiten angezeigt. Mit Hilfe der Oben/Unten Pfeiltaste den 3kHz-Filter auswählen.



Drücken der Enter-Taste übernimmt Einstellung.



Wieder im Hauptmenü, abschließend Menü-Taste drücken, alle Einstellungen werden übernommen, die Messung (Sweep) beginnt.

Im großen Status-Feld erscheint kurz CUSTOM (kunden-spezifische Einstellung) und der Sweep wird automatisch gestartet.

Es wird jetzt nur der eingegebene Frequenzbereich von 20 bis 70 kHz gemessen, d. h. die Spektrum-Anzeige bezieht sich jetzt nur noch auf diesen Frequenzbereich.

Tipp: Sie können diese Einstellung auch als kundenspezifischen Hotkey abspeichern. Mehr dazu in Kap. ???.

7.2. Filter-Bandbreite (RBW) einstellen

Dieser soll ca. 10 x kleiner als der SPAN (SPAN hier = 70 minus 20 = 50kHz) sein.



Im Menü „RBW“ auswählen



Enter-Taste drücken



Es wird eine Liste verschiedener Filter-Bandbreiten angezeigt. Wählen Sie eine Bandbreite von 3kHz aus.



Enter-Taste drücken

Durch Drücken der Menü-Taste wird Auswahl gespeichert und man befindet sich wieder im Hauptmenü.

7.3. Sample-Time (SpTime) einstellen

Im Menü „SpTime“ auswählen



Enter-Taste drücken

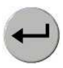


Es wird eine Liste mit ms und s angezeigt.



Wählen Sie mit der Pfeil-Taste den Eintrag mS aus.

Enter-Taste drücken



Im Haupt-Display erscheint „0“. Im Status-Feld erscheint „SWEEP“.

3 0 0

Über die Zahlen-Tasten der gewünschten Sample-Time in mS eingeben. Hier im Beispiel bitte 300 mS eingeben, also 3 0 0

Durch Drücken der Menü-Taste wird Eingabe übernommen. Durch nochmaliges Drücken der Menü-Taste verlassen Sie das Haupt-Menü und die Messung (Sweep) wird mit den eigegebenen Parametern durchgeführt.

8. Tipps und Tricks

8.1. Schneller Zero-Span Sweep (Time Domain Modus)

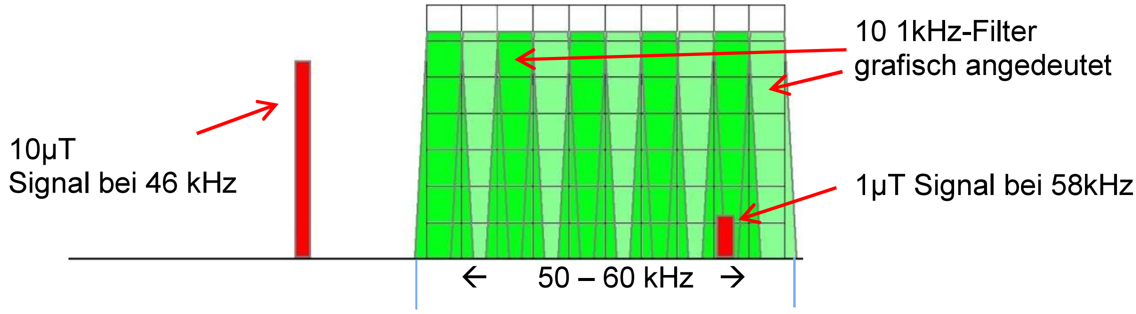
Eine schnelle Messung an einer festen Frequenz in quasi Echtzeit ist mit dem Zero-Span möglich. Wurde z. B. ein Signal gefunden, so wird mit Hilfe des Cursors die richtige Center-Frequenz gesetzt. Die Einstellung - Span auf „0“ und SwTime auf 1mS – führt nun zur ständigen schnellen Pegel-Anzeige der Center-Frequenz (incl. Time Domain). Ideal auch zur Peilung/Maximum-Suche per Schwenk-Methode (siehe Kap 6.14)

8.2. Die Wahl des richtigen Filters (RBW)

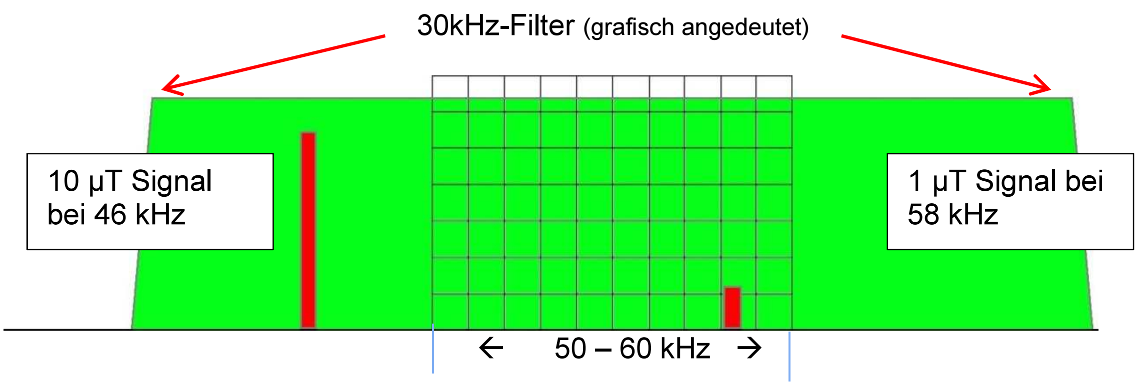
Die Wahl des Filters ist u. a. abhängig vom gewählten SPAN. In der Regel sollte man den Filter immer niedriger als den gewählten SPAN wählen, da ansonsten auch Signale außerhalb des (sichtbaren) SPAN eingefangen und fälschlich angezeigt werden. Meist sollte der Filter mindestens zehnmal geringer als der SPAN gewählt werden, z. B.

SPAN = 100Hz → Filter auf 10 Hz setzen (oder geringer)
SPAN = 500 kHz → Filter auf 100 kHz oder 30 kHz setzen (oder geringer)

Zu beachten ist aber, dass sich der gewählte Filter direkt auf die mögliche Sweep-Geschwindigkeit und die Genauigkeit der Anzeige auswirkt. Je größer der gewählte Filter, desto schneller der mögliche Sweep, doch desto ungenauer die Anzeige. Folgende Grafik demonstriert dieses Problem. Es wird ein Sweep von 50 – 60 kHz angenommen. Die Gitterlinien zeigen den sichtbaren Bereich:



Das außerhalb des sichtbaren Sweep-Bereich liegende 46kHz Signal wird nicht erfasst, da die 1kHz-Filter nur einen schmalen Bereich außerhalb des sichtbaren Sweep-Bereich von 50 – 60kHz „einfangen". Es würde der **richtige Messwert** von 1µT angezeigt werden.



Soll die Pegelmessung jedoch sehr genau durchgeführt werden, so ist darauf zu achten, den Filter nicht zu klein zu wählen. Bei zu kleinem Filter können, bedingt durch das Phasenrauschen, Signalpegel zu gering angezeigt werden.

Wird z. B. ein Signal bei 100kHz gemessen und verwendet man hierbei einen 10kHz Filter, wechselt dann zu 3kHz oder 1kHz Filtern, so bleibt der Pegel evtl. fast identisch. Irgendwann, z. B. beim 300Hz oder 100Hz Filter wird der Signalpegel plötzlich etwas geringer angezeigt. Beispielsweise bei Oszillatoren wird das Messergebnis bedingt durch das Phasenrauschen jetzt **verfälscht**.

8.3. Die Wahl der richtigen Sampletime (SpTime)

Die Wahl der Sample-Time ist entscheidend für die Pegel-Messgenauigkeit. Bei zu klein gewählten Sample-Time können die Messwerte unterbewertet werden. Dies ist besonders bei der Verwendung kleiner Filter der Fall. Hier sollte die Sample-Time, je nach Filter, sogar mehrere Sekunden betragen. Die Mindest-Sample-Time hängt direkt vom gewählten Filter (RBW) ab. Folgende „Faustregel“ hilft bei der richtigen Auswahl von RBW und Sampletime:

10Hz = 70s, 30Hz = 30s, 100Hz = 7s, 300Hz = 3s, 1kHz = 700 ms usw.

Wenn der SPAN mehr als 20 mal größer als der RBW ist, müssen Sie die Sample-Time entsprechend erhöhen. Bitte beachten Sie aber, dass die Sample-Time im DFT-Modus (1Hz und 3Hz Filter) auf 5s beschränkt ist.

Im DFT-Modus ist eine zu niedrige Sample-Time oftmals daran zu erkennen, dass die Messwerte stark schwanken. In der PC-Software ist dies dann gut an einer „schlangenförmigen“ Grafik im Spektrogramm zu erkennen. Man erhöht dann die Sample-Time bis sich stabile reproduzierbare Ergebnisse einstellen.

8.4. Messung elektrischer Felder & Magnetfelder über 500kHz

Die korrekte potentialfreie Messung elektrischer Felder zum Personenschutz verlangt etwas Sachkenntnis, da die Messung durch die bedienende Person, oder diverse Objekte wie Wände, Bäume etc. schnell verfälscht werden kann. Dies gilt auch bei der Messung magnetischer Felder über 500 kHz.

Bei einer solchen Messung ist folgendes zu beachten.

- Bei der Bedienung des Messgerätes sollte der größtmögliche Abstand vom eigenen Körper zum Messgerät eingehalten werden. Messungen z. B. mit einem nichtleitenden Holz-Stativ o. ä. und Entfernung der Person zum Messgerät von ca. 1 – 2 m. Die Felder nehmen in Bodennähe schnell ab. In der Praxis werden daher elektrische Feldmessungen meist in 1 – 3 m über dem Boden durchgeführt.

Sollte dennoch eine Messung mit der Hand erfolgen, diese mit ausgestrecktem Arm durchführen. Das Messgerät nur am unteren Ende festhalten, da die Sensoren sich im vorderen Teil des Messgerätes befinden.

Bei dieser „Hand“-Messung werden die Werte nun ca. 3 – 4mal zu hoch angezeigt.

- Am Ort der Messung dürfen sich keine Personen im näheren Umfeld aufhalten, sie könnten das Messergebnis beeinflussen.

- Das Messgerät, wie auch das evtl. eingesetzte Stativ, dürfen keinesfalls betaut (z. B. durch Temperaturschwankungen beim Transport) sein. Dies könnte das Messergebnis erheblich verfälschen.

- Ein Betrieb mit verbundenem USB- oder Audio-Kabel oder dem Stecker-Netzteil, kann die Messung stark verfälschen, da das Feld dadurch verzerrt werden kann. Messen Sie daher immer im Akkubetrieb ohne jegliche Anschlusskabel.

Verwenden Sie zur Ermittlung des E-Feld Maximums die „Schwenkmethode“, da der E-Feld-Sensor nur eindimensional misst. Dies ist besonders dann der Fall, wenn mehrere Leitungen bzw. Feldquellen oder diverse Störquellen im Spiel sind.

Messen Sie dagegen an einer einzelnen Leitung ohne Störquellen (z. B. unter einer freistehenden Hochspannungsleitung), liegt der Messfehler ohne Schwenkmethode meist unter 5% und ist daher oft zu vernachlässigen.

8.5. Messung von statischen Magnetfeldern (Option 006)

8.5.1. Sensor aktivieren:

Zur Messung statischer Magnetfelder, z. B. das Erdmagnetfeld oder von Magneten, benötigt der Spectran einen internen Sensor für statische Magnete (Option 006).

Der Statik-Modus wird automatisch aktiviert, wenn fLow 0 0Hz und fHigh = 0 Hz gesetzt wird.

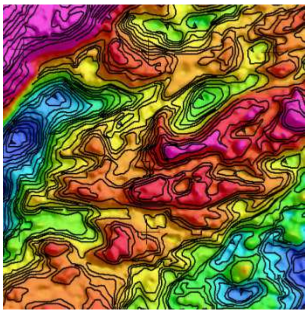
Über das Sensor-Menü kann nun der Sensor (bzw. die Achse) angewählt werden. Alternativ ist die Nutzung der Taste 6 möglich.

Zur Verfügung stehen (X-MSta, Y-MSta, Z-MSta). Da bei statischen Feldern die Frequenz = 0 ist, erhält man jetzt zusätzlich zum Messwert, keine grafische Spektrum-Anzeige, sondern bei über 77mS Sampletime eine Time-Domain-Anzeige. D. h. es wird der Pegel im zeitlichen Verlauf dargestellt. Unter 77mS Sampletime erhalten Sie eine Pegelanzeige. Die Sampletime kann im Menü SpTime (Taste 8) einstellen.

8.5.2. Die Messung:

Die Erde ist ein gigantischer Magnet und von einem magnetischen Feld umgeben. Die magnetische Flussdichte liegt, je nach Standort, zwischen 30 µT und 60µT. In Deutschland liegt der Wert bei ca. 45µT.

Das Erdmagnetfeld kann durch Armierungen in Gebäuden und diverse andere baulichen Materialien stark verfälscht werden. Daher sind Messungen in Gebäuden u. U. sehr unterschiedlich. Selbst im Freien können die Messwerte sehr unterschiedlich sein, da die geophysikalischen Eigenschaften der Erde das Magnetfeld verzerren.



Es können „Karten“ des Erdmagnetfeldes, ähnlich einer Höhenkarte, erstellt werden (siehe nebenstehendes Beispiel).

Die Verzerrung durch ein größeres Metallstück, z. B. einen Spaten, kann mit dem Spectran sogar noch aus einiger Entfernung detektiert werden.

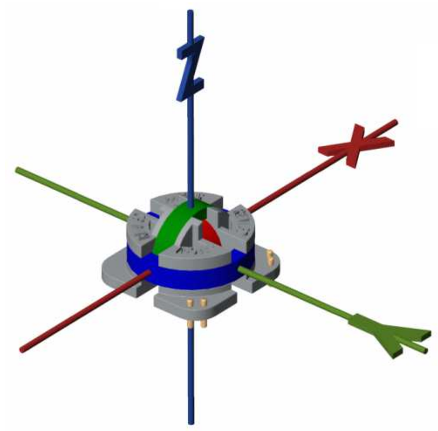
Die 24Bit-Option (Option 009) steigert dabei die Empfindlichkeit nochmals erheblich und zeigt allerkleinste Veränderungen an. Sie ist daher für geomagnetische Untersuchungen oder die genaue Vermessung von Magneten besonders geeignet.

Der statische Sensor ist derzeit nicht genullt, d. h. er zeigt derzeit die Feldstärken-Unterschiede an. Eine Nullstellungsfunktion und somit eine Kalibrierung ist nur innerhalb der NULL-Gauss-Kammer möglich. dann lässt sich der direkte Wert des statischen Feldes anzeigen.

8.5.3. Messung in 1D, 2D oder 3D

Alle NF-Spectran haben eine 3D (isotrope) Mess-Spule integriert. Damit können magnetische Felder in allen Achsen (Raumrichtungen) gemessen werden. Es gibt die Wahlmöglichkeit, nur eine Achse (1D), zwei Achsen (2D) oder alle drei Achsen (3D) gleichzeitig zu messen. Ebenso verhält es sich mit dem optional erhältlichen Sensor für statische Magnetfelder (Option 006). Auch hier können Sie die Achsenzahl (1-3) wählen. Die Messung mit drei Achsen, eine sog. isotrope Messung, hat dabei den Vorteil, dass die Lage des Messgerätes keinen Einfluss auf das Messergebnis hat. Eine falsche Ausrichtung des Messgerätes, und somit falsche Messwerte, sind dann nicht mehr möglich.

Nachteilig ist die erhöhte Sweep-Zeit. Eine 2D und 3D-Messung ist naturgemäß langsamer, da sich die Anzahl der benötigten Sweeps, und somit die benötigte Sweep-Zeit, verdoppelt bzw. verdreifacht. Bei Geräten mit DDC (Option 005) ist die Sweep-Zeit im 1D und 2D-Modus gleich schnell, da hier zwei Kanäle gleichzeitig genutzt werden. Im 3D-Modus ist die Sweep-Zeit dann auch nur doppelt so lange und nicht dreifach, wie ohne DDC.



3D (X+Y+Z) = $X^2 + Y^2 + Z^2$
2D (X+Y) = $X^2 + Y^2$
2D (Y+Z) = $Y^2 + Z^2$
2D (Z+X) = $Z^2 + X^2$

8.6. Sensor-Ausrichtung

8.6.1. E-Feld-Sensor



Der **Der Sensor für elektrische Felder misst nur eindimensional.**

Eine optimale Ausrichtung erhält man, wenn das Feld seitlich zum Gerät einfällt (Y-Achse), s. Abb.

Der Sensor befindet sich in der linken, oberen Ecke des Gerätes (unter der AUDIO-STATUS Anzeige)

8.6.2. H-Feld Sensor (Magnetische Wechselfelder)



Der Sensor für magnetische Wechselfelder kann dreidimensional (isotrop) messen. Bei einer 3D-Messung erhält man immer optimale Messwerte, unabhängig von der Ausrichtung des Gerätes.

Bei einer Messung der X-Achse müssen die Feldlinien direkt von vorne einfallen, bei der Y-Achse von der Seite (rechts oder links) und bei der Z-Achse von oben oder unten (siehe Abb.) Der Sensor befindet sich genau in der Mitte des Gerätes (unter der INFO-Anzeige)

8.6.3. M-Feld Sensor (Statische Magnetfelder, z. B. Erdmagnetfeld, Magnete)



Der Sensor für statische, magnetische Felder kann dreidimensional (isotrop) messen. Man erhält, unabhängig von der Ausrichtung des Gerätes, immer optimale Messwerte. Bei einer Messung der X-Achse müssen die Feldlinien direkt von vorne einfallen, bei der Y-Achse von der Seite (rechts oder links) und bei der Z-Achse von oben oder unten (s. Abb.) Der Sensor befindet sich in der linken, oberen Ecke des Gerätes, direkt neben der SMA-Buchse (unter dem Typenschild).

8.7. Grenzwertberechnungen (Anzeige in W/m² bei „schwachen Signalen“)

Bitte den MrkLvl auf -90dB oder -110dB verringern.

8.8. Umrechnung der Messergebnisse (in andere Maßeinheiten)

Per Hold-Funktion kann man einen Messwert „einfrieren“. Zur Umrechnung im Unit-Menü in die Maßeinheit (V/m, mA/m, dBm, dBµV) wechseln. Der ursprüngliche Messwert wird unmittelbar umgerechnet.

8.9. Richtige Einstellungen für Manuelle Eingaben/Messungen

Bequem mit Hilfe der MCS Software. Hier sind viele Profile von Netzstrom über TCO99 bis zur Energiesparleuchte per Mausklick abrufbar. Informationen wie Kanalnummer etc. werden zusätzlich eingeblendet. Diese Parameter kann man im File-Manager der MCS Software z. B. auf einen Hotkey „kopieren“ und auf den SPECTRAN übertragen.

Grundsätzlich gilt für den Standardfall 50Hz/60Hz (Netzleitungen):

Nutzen Sie die Schnellmessung über Taste 2. Hier werden die 50Hz bzw. 60Hz von Stromleitungen, elektrischen Geräten oder Hochspannungsleitungen schnell und einfach gemessen und angezeigt.

Tipp: Auf unserer Homepage bieten wir die kostenlose PC-Analyse-Software MCS für den SPECTRAN an. Diese Software ergänzt die Handhabung des SPECTRAN optimal.

9. Grundlagen der Spektrum-Analyse

9.1. Was ist ein Frequenzbereich?

Stellen Sie sich eine gigantische, kilometerbreite Autobahn mit Tausenden von Fahrspuren vor. Auf Ihr dürfen alle nur erdenklichen Verkehrsteilnehmer unterwegs sein, also Fußgänger, Motorräder, Autos, Lastwagen etc. Damit sie sich nicht ins Gehege kommen, wird für jede Spur nur eine Gruppe von Verkehrsteilnehmern zugelassen, also z. B. Spur 1 ausschließlich für Radfahrer, Spur 3 nur Fußgänger, Spur 40 nur Lkw usw. Je nach benötigtem Verkehrsaufkommen der einzelnen Verkehrsteilnehmer sind die Spuren auch unterschiedlich breit. So ist die Radspur erheblich schmaler als die breite Lkw-Spur usw. Genauso verhält es sich auch in der Elektrotechnik nur sind die Spuren hier die sog. Frequenzbereiche und die Verkehrsteilnehmer sind die Anwendungen (unter einer Anwendung versteht man z. B. eine Bahnstrom-Leitung, Stromleitung oder ein Fernseher, also alle Gerätschaften die irgendwie mit Strom arbeiten bzw. deren Leitungen).

Jede Anwendung arbeitet hierbei in ihrem eigenen Frequenzbereich in der nur diese arbeiten darf. Durch die Zuteilung eines eigenen Frequenzbereiches für jede Anwendung soll, wie bei unserer Autobahn, sichergestellt werden, dass z. B. ein Handy nicht von einer Stromleitung gestört werden kann.

9.2. Grenzwerte sind sehr unterschiedlich

Zurück zur unserer Autobahn: Natürlich hat auch jedes Verkehrsmittel seinen eigenen Grenzwert für die zulässige Geschwindigkeit. Ein Fußgänger darf in unserem Beispiel nur 5 km/h schnell sein, Autos dagegen 200 km/h. Ähnlich verhält es sich auch mit den Grenzwerten bei den Funkanwendungen. Hier wird nur der Begriff „Geschwindigkeit“ durch die Feldstärke ersetzt. Eine 16,7Hz Bahnstromleitung darf z. B. eine Feldstärke von 7.500v/m abstrahlen, eine 50Hz Stromleitung dagegen nur 5.000 V/m, Energiesparleuchten dagegen nur wenige v/m usw. Drei Grenzwertbeispiele aus der Praxis:

Frequenzbereich (Hz)	Anwendung	Grenzwert [v/m]
16,7	Bahnstrom	8.500
50	Netzstrom	5.000
40.000	Energiesparleuchte	87

Man erkennt sehr genau, dass sich jede einzelne Funkanwendung nur in einem genau festgelegten Frequenzbereich bewegen darf. Auch erkennt man die hohen Unterschiede in den einzelnen Grenzwerten.

9.3. Einsatz der Spektrum-Analyse

Die Spektrum-Analyse findet aus unterschiedlichen Gründen Verwendung:

a. Sie wollen wissen, welche Anwendungen aktiv sind.
b. Sie möchten die Belastung jeder einzelnen Anwendung nachmessen, um z. B. Grenzwertüberschreitungen anzuzeigen.

Zu Punkt a:
Kommen wir nochmals auf unser Beispiel mit der gigantischen Autobahn zurück: Jede Spur durfte ja nur von einem bestimmten Verkehrsteilnehmertyp genutzt werden. Stellen Sie sich jetzt vor, über diese Autobahn würde eine riesige Brücke führen und sie schauen von dieser Brücke auf die Autobahn herunter.

Sie möchten z. B. genau wissen, was auf der Autobahn los ist und zwar für jede einzelne Fahrspur. Allerdings ist die Autobahn wahnsinnig breit, Sie brauchen also schon ein ziemlich gutes Fernglas, um überhaupt einige km überblicken zu können. Nehmen wir einfach an, mit Ihrem Fernglas können Sie eine Breite von 400m überblicken. Sie wollen jetzt ermitteln, auf welcher Spur gerade Verkehr herrscht und wie schnell er unterwegs ist. Sie nehmen sich also ein Blatt Papier und schreiben jeweils die Spurnummer und die gemessenen Daten auf. Sie fangen ganz links bei Spur 1 an und schauen nach: Nichts! OK, weiter zu Spur 2: Auch nichts! Jetzt Spur 3: Ja, da ist irgendetwas mit 18km/h unterwegs. Weiter zu Spur 4: Nichts! Usw. bis Sie bei der letzten Spur angekommen sind. Was haben Sie jetzt getan? Sie haben eine **Analyse** des gesamten Spur**bereiches** von 0 – 400 m durchgeführt. Analyse bedeutet ja, etwas in seine kleinsten Teile zu zerlegen und zu untersuchen. In diesem Fall war die 400 m breite Autobahn das große „Etwas“ und die kleinsten Teile waren die einzelnen Spuren der Autobahn. Der Begriff „Bereich“ kann auch durch das Wort „Spektrum“ ersetzt werden und da haben wir es schon: Sie haben eine Spektrum-Analyse durchführt.

Wenn Sie jetzt noch einen Spur-Plan haben, auf dem verzeichnet ist, welche Spur welchem Verkehrsteilnehmer zugewiesen ist, können Sie genau herausfinden, welche Verkehrsteilnehmer gerade unterwegs waren.

Genauso funktioniert es auch bei der Spektrum-Analyse. Auch hier gibt es Spuren. Nur werden die Spuren als Frequenzbereiche bezeichnet. Die Breite des Frequenzbereiches wird in der Einheit Hz (Hertz) angegeben. Da die Frequenzbereiche oft im hohen Hz-Bereich liegen, würde eine Angabe in Hz zu riesigen Zahlen führen. Daher erweitert man die Einheit Hz oft auch in kHz (1.000Hz) oder MHz (1.000.000Hz). So wird es wesentlich übersichtlicher. 1.000.000Hz sind also auch 1.000kHz bzw. 1MHz.

Die Verkehrsteilnehmer aus unserem Beispiel werden in der Spektrum-Analyse als Funkanwendungen bezeichnet und haben jeweils eigene Kurznamen: z. B. bewegt sich die Funkanwendung „UMTS“ in seinem eigenen Frequenzbereich, welcher von 1.900 bis 2.200 MHz (1,9 – 2,2 GHz) reicht.

Auch die Geschwindigkeit der Verkehrsteilnehmer wird durch einen neuen Begriff ersetzt - die Signalstärke.

Soweit die Klärung der Begriffe und Einheiten. Bei der Spektrum-Analyse wird jetzt genauso vorgegangen wie bei unserer Autobahn:

Unser Messgerät soll z. B. alle Frequenzbereiche von 0Hz bis 400Hz (bildlich das 400m breite Stück Autobahn) untersuchen. Schritt für Schritt wird jeder Frequenzbereich genau vermessen. Erst 0 – 1Hz, dann 1Hz bis 2Hz usw. bis 400Hz. Auch die Signalstärke jedes Frequenzbereiches wird genau gespeichert. So erfahren wir auch, auf welchem Frequenzbereich welche Signalstärke vorhanden war.

Beispiele aus der Praxis:

Nehmen wir einmal an, wir wollen den Frequenzbereich von 0Hz bis 400Hz genau untersuchen und folgende 3 Anwendungen wären gleichzeitig mit verschiedenen Signalstärken aktiv (In der Praxis sind es meist erheblich mehr Funkanwendungen)

Frequenzbereich (Hz)	**Anwendung**	**Messwert**
16,7Hz	Bahnstrom	40
50Hz	Netzstrom	20
350-360Hz	Energiesparleuchte	80

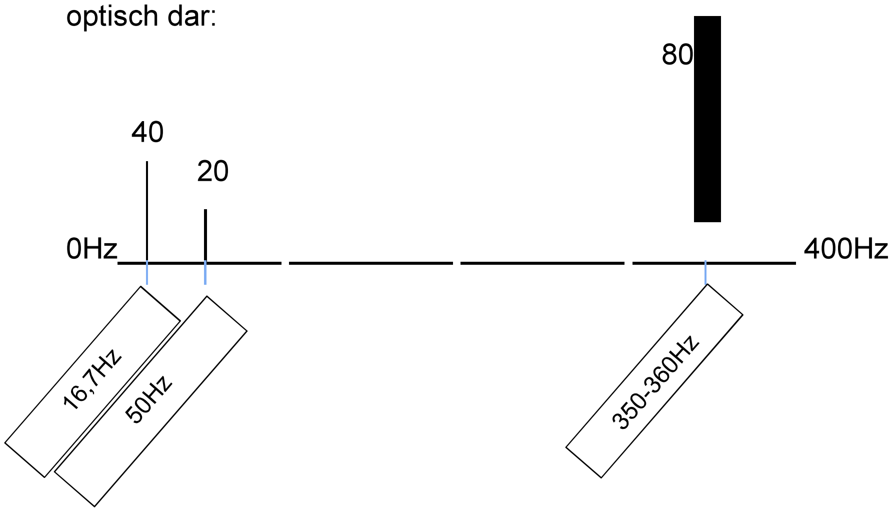
Wie sollte man dies optisch auf einem Messgerät am besten darstellen? Nun, zuerst tragen wir den Frequenzbereich von 0Hz bis 400Hz auf einer Linie von links nach rechts **(x-Achse)** auf.

0Hz____400Hz

Jetzt markieren wir jede der 3 Funkanwendungen nach ihrer Frequenz an der Richtigen Stelle der X-Achse und sehen so, wo sie sich befinden:



Zuletzt stellen wir die Höhe der 3 Messwerte als Balken in der **Y-Achse** optisch dar:

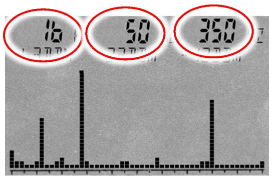


Zusätzlich haben wir auch gleich noch die Breite der Balken, der Breite des Frequenzbereiches jeder Anwendung angepasst (die sog. Bandbreite):

Unsere Energiesparleuchte hat ein Signal im Frequenzbereich von 350 – 360Hz also 10Hz (360 – 350 = 10) Bandbreite.

Wir haben jetzt auf einen Blick sämtliche Informationen zu den Signalquellen dargestellt.

In der Praxis sieht dies auf dem Bildschirm des SPECTRAN ähnlich aus:



Auch in diesem Beispiel haben wir 3 Hauptsignalquellen (von links nach rechts)

Signal 1:	16,7 Hz mit -63dBm	Marker 1
Signal 2:	50 Hz mit -23dBm	Marker 2
Signal 3:	350 Hz mit -42dBm	Marker 3

Diese werden auf dem Bildschirm als Balken dargestellt. Auch hier gilt: Je höher die gemessene Signalstärke, desto höher wird der Balken dargestellt. Die genauen Informationen zu den einzelnen Balken werden von links nach rechts als Marker im oberen Bildschirm dargestellt.

Der eingestellte Frequenzbereich wird ständig abgetastet. Daher ändert sich die Anzeige auch ständig. Zu erkennen ist dies an einem kleinen Punkt, der oberhalb des Grafikbereiches von links nach rechts wandert. Diesen Vorgang des Abtastens nennt man „sweepen“.

Was haben wir jetzt an Informationen erhalten?

a) Im gesamten Frequenzbereich von – 0 400Hz gibt es 3 Hauptsignal-quellen.

b) Die Frequenz und Signalstärke aller 3 Signalquellen ist genau bekannt.

Wir haben also eine schnelle Übersicht erhalten, was sich in diesem Frequenzbereich so tummelt.

Da die genaue Frequenz der Signalquellen jetzt bekannt ist, kann man schnell und anhand einer sog. Frequenz-Tabelle den bzw. die genauen Verursacher ermitteln (siehe Frequenz-Tabellen Kap. 11.1 bzw. die ausführlichen Frequenz-Tabellen auf www.aaronia.de)

Daraus ergibt sich: 16,7 Hz = Bahnstrom, d. h. es handelt sich um eine Leitung o. ä. zum Betrieb der Bahn.

10. Typische Messwerte aus der Praxis

Messungen direkt am Gerät:		
Elektroherd	500 V/m	10.000 nT
Fernseher	5.000 V/m	10.000 nT
Stereoanlage	500 V/m	5.000 nT
Haar-Fön	1.000 V/m	100.000 nT
Elektrische Heizdecke	5.000 V/m	5.000 nT
Licht-Dimmer	1.000 V/m	300 nT
Steckdose	200 V/m	
Sicherungskasten	300 V/m	500 nT
Computermonitor	200 V/m	1.000 nT

10.1. Typische Messwerte aus der Entfernung:

Unter einer 10kV Hochspannungsleitung	500 V/m	5.000 nT
Unter einer 110kV Hochspannungsleitung	3.000 V/m	20.000 nT
Unter einer 380kV Hochspannungsleitung	10.000 V/m	50.000 nT
In der Nähe einer 380kV Verteilerstation	15.000 V/m	500.000 nT

11. Maßeinheiten

Tesla	Oersted	Gamma
1T	10,000 O_ε	--
0,1 T (100 mT)	1,000 O_ε	--
0,01 T (10 mT)	100 O_ε	--
0,001 T (1 mT9	10 O_ε	--
1 x 10^{-4} T (100 µT)	1 O_ε	100.000 ɣ
1 x 10^{-5} T (10 µT)	100 mO_ε	10.000 ɣ
1 x 10^{-6} T (1 µT)	10 mO_ε	1.000 ɣ
1 x 10^{-7} T (100 nT)	1 mO_ε	100 ɣ
1 x 10^{-8} T (10 nT)	100 µO_ε	10 ɣ
1 x 10^{-9} T (1 nT)	10 µO_ε	1 ɣ
1 x 10^{-10}T (0,1 nT)	1 µO_ε	0,1 ɣ

11.1. Tabellen zur Umrechnung

Tabelle 1: Magnetische Felder

1 nT	= 0,001µT	=	0,000.001mT	= 0,01mG	= 0,000.01G
10 nT	= 0,01µT	=	0,000.01mT	= 0,1mG	= 0,000.1G
100nT	= 0,1µT	=	0,000.1mT	= 1mG	= 0,001G
1.000nT	= 1µT	=	0,001mT	= 10mG	= 0,01G
10.000nT	= 10µT	=	0,01mT	= 100mG	= 0,1G
100.000nT	= 100µT	=	0,1mT	= 1.000mG	= 1G
1.000.000nT	= 1.000µT	=	1mT	= 10.000mG	= 10G
10.000.000nT	= 10.000µT	=	10mT	= 100.000mG	= 100G
100.000.000nT	= 100.000µT	=	100mT	= 1.000.000mG	= 1.000G

G = Gauss, T = Tesla, n = Nano (Milliardstel), µ = Micro (Millionstel), m = Milli (Tausendstel)
1 Gauss = 1 Oersted (die Maßeinheit „Oersted“ wird z. B. in vielen osteuropäischen Ländern verwendet)

Tabelle 2: Elektrische Felder

0,01 mV/m	=	0,000.01V/m	=	0,000.000.01 kV/m
0,1 mV/m	=	0,000.1V/m	=	0,000,000,1 kV/m
1 mV/m	=	0,001V/m	=	0,000.001 kV/m
10 mV/m	=	0,01V/m	=	0,000.01 kV/m
100 mV/m	=	0,1V/m	=	0,000.1 kV/m
1.000 mV/m	=	1V/m	=	0,001 kV/m
10.000 mV/m	=	10V/m	=	0,01 kV/m
100.000 mV/m	=	100V/m	=	0,1 kV/m
1.000.000 mV/m	=	1.000V/m	=	1 kV/m
10.000.000 mV/m	=	10.000V/m	=	10 kV/m
100.000.000 mV/m	=	100.000 V/m	=	100 kV/m
1.000.000.000 mV/m	=	1.000.000 V/m	=	1.000 kV/m

V/m = VoltMeter, k = Kilo (Tausendfache), m = Milli (Tausendstel)

Tabelle 3: Verstärkungsfaktor der Leistung und dazugehöriger dB-Wert:

1	0 dB
2	3 dB
2,5	4 dB
4	6 dB
5	7 dB
8	9 dB
10	10 dB
100	20 dB
1 000	30 dB
10 000	40 dB
100 000	50 dB
1 000 000	60 dB
10 000 000	70 dB

dB = Dezibel

Tabelle 4: dBm in dBW und W:

0 dBm	-30dBW	0,001W	1mW
-10dBm	-40dBW	0,000.1W	100µW
-20dBm	-50dBW	0,000.01W	10µW
-30dBm	-60dBW	0,000.001W	1µW
-40dBm	-70dBW	0,000.000.1W	100nW
-50dBm	-80dBW	0,000.000.01W	10nW
-60dBm	-90dBW	0,000.000.001W	1nW
-70dBm	-100dBW	0,000.000.000.1W	100pW

dBm = Dezibelmilliwatt, dBW = Dezibelwatt, W = Watt,
mW = Milliwatt, µW=Microwatt, nW= Nanowatt, pW=Picowatt

Tabelle 5: Frequenz, Wellenlänge und Frequenzbandbezeichnung

3 Hz - 30 Hz	100.000 km - 10.000 km	ULF
30 Hz - 300 Hz	10.000 km - 1.000 km	ELF
300 Hz - 3 kHz	1.000 km - 100 km	VF
3 kHz - 30 kHz	100 km - 10 km	VLF
30 kHz - 300 kHz	10 km - 1 km	LF
300 kHz - 3 MHz	1 km - 100 m	MF
3 MHz - 30 MHz	100 m - 10 m	HF
30 MHz - 300 MHz	10 m - 1 m	VHF
300 MHz - 3 GHz	1 m - 10 cm	UHF
3 GHz - 30 GHz	10 cm - 1 cm	SHF

Tabelle 6: Frequenzen diverser Verursacher (Beispiele)

Frequenzbereiche	Bezeichnung
16,67 Hz	Bahnstrom (Deutschland)
50 Hz	Netzstrom (Europa)
60 Hz	Netzstrom (z. B. USA)
50 Hz – 200 Hz	Schweißen und Hochfrequenzspannungsnetz
200 Hz – 1kHz	Umrichter und Hochfrequenzspannungsnetz
31,25 kHz	Röhren-Fernseher
40 kHz	Energiesparlampe (21W, Osram)
42 kHz	30“ TFT-Monitor (Dell)
45 kHz	Energiesparlampe (8W, Osram)
49 kHz	17“ TFT-Monitor (Dell)
52 kHz	24“ TFT-Monitor (Dell)
56 kHz	20“ TFT-Monitor (Dell)
60 kHz	Akku-Lader (no name)
77,5 kHz	DCF77 (Deutscher Zeitsender)
125 – 135 kHz	RFID
13,56 MHz	RFID

Tabelle 7: Abstandsgesetz für die Feldstärke von Magnetfeldern:

Linienleiter (eine Stromrichtung)	1/r
Doppelleiter (gegenläufige Stromrichtungen)	$1/r^2$
Spulen, Trafos, Elektromotoren	$1/r^3$

r = Abstand in Metern

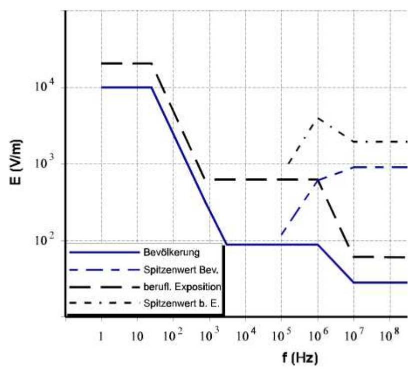
11.2. Grenzwerte

Für Stromleitungen und den daran betriebenen Gerätschaften gibt es international anerkannte Grenzwerte, aber auch diverse Vorsorgewerte und Empfehlungen. Je nach Interessengemeinschaft, Berufsgruppe oder Nation sind die Grenzwerte und Empfehlungen hierbei aber höchst unterschiedlich.

Die deutschen Grenzwerte werden durch die, dem Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) nachgeordnete Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (Reg TP) vergeben. Über diese Grenzwerte besteht unter allen internationalen und nationalen Gremien ein weitgehendes Einvernehmen. Für Deutschland sind sie in der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BimSchV) festgehalten und orientieren sich an den internationalen Empfehlungen der ICNIRP.

Die deutschen Grenzwerte sind bestimmt für quadratisch gemittelte, über 6-Minuten-Intervalle erfasste Messwerte, und sind nach Frequenzbereichen aufgegliedert. Je nach Personengruppe gibt es wiederum verschiedene Grenzwerte. Als Beispiel soll hier der Grenzwert für die Bevölkerung dienen:

Frequenz	**E-Feldstärke [V/m]**	**H-Feld [µT]**	**M-Feldstärke [A/m]**
bis 1 Hz	--	40.000	32.000
1 – 8 Hz	10.000	40.000 / f	$32.000 / f^2$
8 – 25 Hz	10.000	5.000 / f	4.000 / f
0,025 – 0,8 kHz	250 / f	5 / f	4 / f
0,8 – 3 kHz	250 / f	6,25	5
3 – 150 kHz	87	6,25	5
0,15 – 1 MHz	87	0,92 / f	0,73 / f
1 – 10 MHz	$87 / \sqrt{f}$	0,92 / f	0,73 / f
10 – 400 MHz	27,5	0,092	0,073



Vorstehende Grafik zeigt die Aufarbeitung u. a. der obigen Formeln über den Frequenzbereich von 1Hz bis 400MHz. Der Kurvenverlauf zeigt, dass die zur NF-Messung häufig verwendeten „Breitbandmessgeräte“ nicht in der Lage sein können, diese Grenzwerte richtig zu messen, da sie nicht frequenzselektiv sind.

Deutlich ist auch der Unterschied der Grenzwerte bei den Personengruppen zu erkennen und die jeweiligen erlaubten „Höchstwerte“.

Rechenbeispiele:

Für das 50Hz Stromnetz (Stromleitungen, Hochspannungsleitungen) bedeutet dies, dass die elektrische Feldstärke unter 250/0,050 = 5.000 V/m liegen muss.

Bei einer Energiesparleuchte, die z. B. bei 5kHz arbeitet, darf die elektrische Feldstärke dagegen lediglich 87 V/m betragen.

Die höchste Belastung durch niederfrequente Felder im Alltag wird durch Kabelinstallationen im Haushalt bzw. durch Gerätschaften wie Elektrorasierer oder Haartrocker, die sehr nahe am Körper betrieben werden, verursacht. Im Gegensatz dazu fallen beispielsweise TV-Geräte, Computer oder Monitore kaum ins Gewicht, da sie meist gut abgeschirmt sind (TCO99 Norm) bzw. auf Distanz betrieben werden und so die Belastung durch sie sehr gering ist.

11.3. Anlagen-Grenzwerte

Im Unterschied zu Grenzwerten zum Personenschutz sind die sog. Anlage-Grenzwerte häufig erheblich restriktiver und viel stärkeren Leistungsschwankungen in Bezug auf die Frequenz unterworfen. Ein Haar-Fön hat z. B. einen ganz anderen Anlagen-Grenzwert als ein Computer-Monitor. Hier schwanken die erlaubten Werte durchaus um das Hundertfache. Dennoch müssen alle Anlagengrenzwerte die Grenzwerte zum Personenschutz einhalten und sind diesen untergeordnet.

Ein Beispiel für Anlagen-Grenzwerte, ist die Monitornorm „MPR2“ bzw. die strengere Norm „TCO99“

Frequenz	E-Feld [V/m]	H-Feld [µT]
5Hz – 2 kHz	10	0,200
2 kHz – 400 kHz	1	0,010

Der Unterschied zu den zuvor beschriebenen Personenschutz-Grenzwerten ist erheblich. Es ist jedoch zu beachten, dass die TCO99-Norm auch noch komplexe Vorgaben wie Mindestabstände zur Messung, Sonden-Typ, Anzahl der Messpunkte, Monitoreinstellung etc. für die korrekte Messung vorschreibt.